

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MICHEL RIBAS GALVÃO

**ESTUDO DO REÚSO NÃO POTÁVEL DE ÁGUA DE PROCESSO E EFLUENTE
TRATADO EM INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

**CURITIBA
2010**

MICHEL RIBAS GALVÃO

**ESTUDO DO REÚSO NÃO POTÁVEL DE ÁGUA DE PROCESSO E EFLUENTE
TRATADO EM INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI - PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial

Orientadora: Prof^a Dr^a Daniela Neuffer
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Karen Juliana
do Amaral

CURITIBA
2010

Galvão, Michel Ribas

Estudo do reúso não potável de água de processo e efluente tratado em indústria de bebidas / Michel Ribas Galvão. – Curitiba, 2010.

156 f. : il.; graf., tab.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, SENAI e Universität Stuttgart.

Orientadora: Daniela Neuffer

Co-orientadora: Karen Juliana do Amaral

1. Água -- Reutilização. 2. Água -- Desinfecção. I. Neuffer, Daniela.
II. Amaral, Karen Juliana do. III. Título.

CDD 363.7284

Ao Carlos Roberto Maciel Filho (in Memoriam), o grande irmão que em vida escolhi, cuja profissão consistia em arriscar a sua própria vida, para salvar a vida de pessoas desconhecidas.

Beto, toda a ajuda e bondade que eu proporcionar às pessoas, será de minha parte, uma singela homenagem a sua memória.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por nos ter dado a vida.

À **Professora Doutora Daniela Neuffer** pela orientação, apoio e amizade.

À **Doutora Karen Juliana do Amaral** pela co-orientação.

À **Professora Doutora Regina Weinschutz**, coordenadora deste curso.

A todo o corpo docente da Universidade de Stuttgart, por ter realizado esta parceria entre Brasil e Alemanha, criando este curso de Mestrado Profissional que nos proporcionou uma visita à Alemanha, para a realização de cursos e para conhecermos melhor a cultura alemã. Meus agradecimentos em especial aos **Professores Doutores Jorg Metzger, Uwe Menzel, Klaus Fischer** e novamente à **Daniela Neuffer**.

À **Marielle Feilstrecker** por todo o apoio e ajuda durante o curso de mestrado.

A todos os meus amigos do mestrado, em especial ao **Pedro Franco, Aurélio Rompkovski** e **Werner Kessler**.

Aos colaboradores e representantes da Indústria de refrigerantes “A”, por toda a ajuda para que a realização deste trabalho fosse possível.

Ao glorioso **Coritiba Foot Ball Club**, mais precisamente na pessoa do nosso eterno presidente **Evangelino da Costa Neves** (In memoriam), por ter nos proporcionado as imensas alegrias e títulos conquistados.

À **Ivonete Teresinha Rosa**, por estar sempre junto com nossa família.

Agradeço a todos os meus irmãos, minha família e amigos, que tenho nesta vida.

A meus pais **Vera Lúcia Ribas** e **Abílio Fernando Rodrigues Galvão**, por me ter dado a vida, por todo carinho, amor e compreensão.

Dona Vera, vou repetir o que digo sempre, gostaria que você fosse eterna...!!

À **Fernanda Monçato**, minha alegria de viver e grande amor da minha vida...

RESUMO

O rigor da legislação atual sobre o processo de outorga e cobrança de captação de água e lançamento de efluente tratado, além da perda e desperdício de água durante o processo produtivo, exige das indústrias soluções alternativas para o reúso de água e efluentes, visando a redução do uso de recursos naturais. O reúso não potável da água de processo possibilita uma menor dependência da utilização da água captada pela concessionária pública responsável pelo abastecimento da região. Uma das vantagens deste tipo de reúso é a economia de custos gerada no processo produtivo, diminuindo assim a quantidade de efluente tratado lançado no corpo hídrico receptor. O objetivo deste trabalho é estudar as possibilidades de reúso não potável de água de processo, bem como, pesquisar um sistema alternativo de desinfecção do efluente tratado a fim de que o efluente possa ser reutilizado. Dessa forma, a empresa pode ser reconhecida em relação à responsabilidade social e ambiental, já que estará economizando recursos naturais e melhorando os resultados dos indicadores ambientais estabelecidos por essa companhia. Foram realizados testes de bancada com o dióxido de cloro, visando um novo sistema de desinfecção para que fosse possível reutilizar futuramente esse efluente. Foram realizados testes para reúso de água do processo de tratamento de água, utilizando um *bag*, que possui como propriedade característica, separar os sólidos do meio aquoso. Por último, foram realizados dois projetos de reúso não potável de água de processo. Os resultados obtidos quanto ao poder germicida do dióxido de cloro foram satisfatórios. Os objetivos de preservação dos recursos naturais e melhoria dos indicadores ambientais da companhia foram atingidos com a realização dos dois projetos de reúso não potável de água de processo. Os testes de reúso de água utilizando o *bag* separador de partículas sólidas não foram satisfatórios tendo em vista as características do *bag* utilizado.

Palavras-chave: Reúso de efluente. Reúso de água. Sistemas de desinfecção.

ABSTRACT

The severity of the current legislation in relation to the grant process and payment of water abstraction and discharge of treated effluent, and also the loss and wastage of water during the production process, require from industries alternative solutions for water and effluent reuse, in order to reduce the use of natural resources. The non-potable reuse of process water provides a lower dependence on use of water captured by the public concessionary responsible for supplying the region. One of the advantages of this type of reuse is the cost savings generated in the production process, thereby decreasing the amount of treated effluent discharged into the water body. The aim of this work is to study the potential for non-potable reuse of process water, as well as research an alternative system of disinfection of the treated effluent in order that the effluent can be reused. Thus the company can be recognized in relation to social and environmental responsibility, as it will be saving natural resources and improving the performance of environmental indicators established by this company. It was carried out workbench tests with Chlorine Dioxide, seeking a new disinfection system to make possible to reuse the effluent in the future. Tests were conducted for water reuse of process water treatment, using a bag that has as a characteristic property to separate solids from water. Finally, two projects were conducted in non-potable reuse of process water. The results regarding germicidal power of Chlorine Dioxide were satisfactory. The goals of preserving natural resources and improving environmental indicators of the company were met with the accomplishment of the two projects of non-potable reuse of process water. Tests for water reuse using the bag separator of solid particles were not satisfactory due to the features of the bag used.

Key words: Wastewater reuse. Water reuse. Disinfection systems.

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FLUXOGRAMA 1 – PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES.	29
FLUXOGRAMA 2 – VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A.....	66
FLUXOGRAMA 3 – PROCESSOS DE PREPARO DO XAROPE SIMPLES.....	69
FLUXOGRAMA 4 – PROCESSOS DE PREPARO DO XAROPE FINAL	71
FLUXOGRAMA 5 – PROCESSOS DE PREPARO DO BAG-IN-BOX	72
FLUXOGRAMA 6 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS GARRAFAS PET	75
FLUXOGRAMA 7 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS LATAS	77
FLUXOGRAMA 8 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS GARRAFAS RETORNÁVEIS	80
FLUXOGRAMA 9 – DESENVOLVIMENTO DAS OPERAÇÕES AUXILIARES.	82
FLUXOGRAMA 10 – PROCESSO COMPLETO DE TRATAMENTO DE ÁGUA UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A.....	85
FLUXOGRAMA 11 – LOCAIS ONDE SÃO GERADAS AS EMISSÕES LÍQUIDAS.....	100
FLUXOGRAMA 12 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A...	105
FLUXOGRAMA 13 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA ENTRADA DE ÁGUA DO SISTEMA DE REÚSO DA ÁGUA DE PROCESSO DA RÉGUA ULTRASSÔNICA.....	135
FLUXOGRAMA 14 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DA LAVADORA DE CAIXAS	140

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – POTABILIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	32
TABELA 2 – PARÂMETROS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE TRATADO	34
TABELA 3 – RELAÇÃO DOS PARÂMETROS INTERNOS E DA LEGISLAÇÃO FEDERAL	54
TABELA 4 – RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA COLETADA NO ANO DE 2009.....	87
TABELA 5 – RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA COLETADA NO ANO DE 2010.....	88
TABELA 6 – RESULTADOS DA QUANTIDADE DE ÁGUA BRUTA RECUPERADA NO ANO DE 2010.....	89
TABELA 7 – ÁGUA TRATADA COLETADA DEPOIS DO FILTRO DE CARVÃO NO ANO DE 2009.....	90
TABELA 8 – ÁGUA TRATADA COLETADA DEPOIS DO FILTRO DE CARVÃO NO ANO DE 2010.....	91
TABELA 9 – CONSUMO DA ÁGUA CAPTADA NO ANO DE 2009	92
TABELA 10 – CONSUMO DA ÁGUA CAPTADA NO ANO DE 2010	93
TABELA 11 – QUANTIDADE DE ÁGUA CONSUMIDA VERSUS VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDO NO ANO DE 2009	93
TABELA 12 – QUANTIDADE DE ÁGUA CONSUMIDA VERSUS VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDO NO ANO DE 2010	94
TABELA 13 – CRONOGRAMA DE LIMPEZA DA FÁBRICA.....	96
TABELA 14 – ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA GERADA PELOS PONTOS DE EMISSÕES LÍQUIDAS INDUSTRIAIS – PRIMEIRA PARTE	101
TABELA 15 – ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA GERADA PELOS PONTOS DE EMISSÕES LÍQUIDAS INDUSTRIAIS – SEGUNDA PARTE	102
TABELA 16 – DADOS DA VAZÃO MÉDIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	115
TABELA 17 – RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS E DE CLORO EM 16/08/2010 E 18/08/2010	122

TABELA 18 – RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS E DE CLORO EM 01/09/2010.....	123
TABELA 19 – RESULTADOS DAS COLETAS DA ÁGUA DA MANGUEIRA E DA ÁGUA FILTRADA PELO BAG EM 19/08/2010 A 22/08/2010.	130

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	– CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA A NOS ANOS DE 2009 E 2010, VERSUS O VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDA NOS ANOS DE 2009 E 2010.....	95
GRÁFICO 2	– CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA MEDIDA NOS EQUIPAMENTOS E SETORES DURANTE UMA SEMANA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	99
GRÁFICO 3	– DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – (DQO) NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	106
GRÁFICO 4	– DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – (DBO) NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	107
GRÁFICO 5	– RESULTADOS DAS ANÁLISES DE FÓSFORO TOTAL NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	108
GRÁFICO 6	– RESULTADO DOS TESTES DE NITROGÊNIO TOTAL NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	109
GRÁFICO 7	– RESULTADO DOS TESTES DE SURFACTANTES NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	110
GRÁFICO 8	– RESULTADO DOS TESTES DE ÓLEOS E GRAXAS NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	111
GRÁFICO 9	– RESULTADO DOS TESTES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	112
GRÁFICO 10	– RESULTADO DOS TESTES DE PH NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	112
GRÁFICO 11	– RESULTADO DOS TESTES DE TEMPERATURA NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	113
GRÁFICO 12	– DEMONSTRAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE DQO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	114
GRÁFICO 13	– RELAÇÃO DBO/DQO CONSIDERANDO OS RESULTADOS DE DQO E DBO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010	114
GRÁFICO 14	– VALORES DO ÍNDICE INTERNO DE ÁGUA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	146

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ENSAIO DE BANCADA COM A PREPARAÇÃO DO DIÓXIDO DE CLORO.....	120
FIGURA 2 – AMOSTRA DA PREPARAÇÃO DO DIÓXIDO DE CLORO EM CONTATO COM O EFLUENTE TRATADO	121
FIGURA 3 – OPERAÇÃO DE MONTAGEM DO <i>BAG</i>	129
FIGURA 4 – OPERAÇÃO DE ENCHIMENTO DO <i>BAG</i>	129
FIGURA 5 – SISTEMA DE REÚSO DA ÁGUA DO RINSER DA RÉGUA DE ULTRASSOM DA LINHA DE PET	136
FIGURA 6 – RINSER DA BARRA DE ULTRASSOM DA LINHA DE PET	136
FIGURA 7 – BOMBA DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DE PROCESSO DA LAVADORA DE CAIXAS	141
FIGURA 8 – MANGUEIRA INSTALADA PARA O NOVO CIRCUITO DE LIMPEZA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	142

LISTA DE SIGLAS

ABIR	– Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas
Ag	– Prata
Alcalinidade M	– Alcalinidade Total
Alcalinidade P	– Alcalinidade Parcial
As	– Arsênio
BA	– Bário
Bib	– Bag-in-box
Big Bag	– Grande Bolsa ou Bolsa Confeccionada em Geotecido
B	– Boro
Ca^{2+}	– Íons cálcio
Cd	– Cádmio
CETESB	– Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
ClO_2	– Dióxido de Cloro
ClO_2^-	– Clorito
ClO_3^-	– Clorato
CIP	– Clean In Place (limpeza no local)
CN	– Cianeto
CO_2	– Dióxido de Carbono
Conama	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	– Cromo
Cu	– Cobre
CV	– Cavalos Vapor
DBO	– Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO_5	– Demanda Bioquímica de Oxigênio medida durante 5 dias
DQO	– Demanda Química de Oxigênio

EPA	– Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental
EPIs	– Equipamentos de Proteção Individual
ETA	– Estação de Tratamento de Água
ETDI	– Estação de Tratamento de Despejos Industriais
F	– Fluoreto
Fe	– Ferro
FiFo	– First In First Out
Finish	– Gargalo da Garrafa
Flare	– Dispositivo para Queima de Gases Gerados em Processos Industriais
Hg	– Mercúrio
H ₂ SO ₄	– Ácido Sulfúrico
IAP	– Instituto Ambiental do Paraná
Ipaguás	– Instituto Paranaense das Águas
L	– Litros
m ²	– Metros quadrados
m ³	– Metros cúbicos
mg/L	– Miligramas por litro
Mg ²⁺	– Íons magnésio
mL	– Mililitro
mm	– Milímetros
Mn	– Manganês
N	– Nitrogênio amoniacal
Na ⁺	– Íons Sódio
Ni	– Níquel
nm	– Nanômetros
NMP	– Número Mais Provável
NTU	– Unidades Nefelométricas de Turbidez

P.A	– Pureza Analítica
Pallet	– Extrado de Madeira
Payback	– Tempo de Retorno do Investimento Inicial Realizado
PB	– Chumbo
PCJ	– Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
pet	– Politereftalato de Etileno
pH	– Potencial Hidrogeniônico
ppm	– Partes por Milhão
Rinser	– Equipamento para Lavagem
S	– Sulfeto
Se	– Selênio
SGA	– Sistema de Gestão Ambiental
Sn	– Estanho
Start Up	– Início de Produção
STD	– Sólidos Totais Dissolvidos
THM's	– Trihalometanos Totais
TIR	– Taxa Interna de Retorno
TMA	– Taxa Mínima de Atratividade
UASB	– Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente em Manto de lodo
Uh	– Unidade Haizen
UFC	– Unidades Formadoras de Colônia
VMP	– Valor Máximo Permitido
Warmer	– Equipamento para Aquecimento de Latas
Zn	– Zinco
μL	– Microlitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 GERAL	22
2.2 ESPECÍFICOS	22
3 JUSTIFICATIVA	23
4 INDÚSTRIA DE BEBIDAS.....	25
4.1 HISTÓRICO DAS INDÚSTRIAS DE BEBIDAS NO BRASIL	25
4.2 PROCESSOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES.....	27
4.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES	30
4.3.1 Visão Geral	30
4.3.2 Caracterização da Água para Consumo Humano.....	30
4.4 EMISSÕES GERADAS PELA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES.....	32
4.4.1 Visão Geral	32
4.4.2 Geração de Efluentes.....	33
4.4.3 Caracterização e Composição do Efluente	33
4.5 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES	35
4.5.1 Visão Geral	35
4.5.2 Processos Físicos	36
4.5.2.1 Princípios da Decantação Utilizados no Tratamento de Água	36
4.5.2.2 Princípios da Filtração	36
4.5.2.3 Princípios da Floculação.....	37
4.5.3 Princípios Químicos	38
4.5.3.1 Princípios da Coagulação.....	38
4.5.3.2 Princípios do Abrandamento	38

4.5.3.3 Princípios da Desinfecção	39
4.5.3.4 Princípios da Desinfecção pelo Cloro	40
4.5.3.5 Princípios da Desinfecção por Meio da Ozonização.....	41
4.5.3.6 Princípios da Desinfecção por Radiação Ultravioleta	41
4.5.3.7 Princípios da Desinfecção por Dióxido de Cloro.....	42
4.6 TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	43
4.6.1 Tratamento por Lodos Ativados	44
4.6.2 Tratamento Anaeróbico.....	45
4.6.3 Sistemas Combinados de Tratamento	46
4.6.4 Princípios da Decantação Utilizada para Tratamento de Efluentes	47
4.6.5 Princípios do Tratamento Físico-Químico	48
4.6.6 Princípios de Flotação.....	48
4.6.7 Tecnologias Avançadas de Tratamento	49
5 LEGISLAÇÃO.....	50
5.1 VISÃO ABRANGENTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	50
5.2 LEGISLAÇÃO PERTINENTE À ÁGUA.....	50
5.2.1 Legislação Federal	51
5.2.2 Legislação Paranaense.....	52
5.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO EFLUENTE TRATADO	53
5.3.1 Legislação Federal	53
5.3.2 Legislação do Estado do Paraná	55
5.4 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO REÚSO DE ÁGUA E EFLUENTES	55
6 REÚSO	57
6.1 VISÃO GERAL SOBRE O REÚSO	57
6.2 POSSIBILIDADES DE REÚSO	60
6.3 POSSIBILIDADES DE REÚSO NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS.....	62
6.4 EXPERIÊNCIAS DE REÚSO NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS	63

7 ESTUDO DE CASO: RECUPERAÇÃO DE ÁGUA E EFLUENTE NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	65
7.1 VISÃO GERAL DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES NA INDÚSTRIA A	65
7.1.1 Preparo do Xarope Simples	67
7.1.2 Preparo do Xarope Final	70
7.1.3 Preparo e Fabricação do <i>Bag-In-Box</i>	71
7.1.4 Preparo e Envase das Garrafas Pet	73
7.1.5 Preparo e Envase das Latas	75
7.1.6 Preparo e Envase das Garrafas de Vidro	78
7.1.7 Desenvolvimento das Operações Auxiliares	81
7.2 TRATAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	83
7.2.1 Caracterização das Águas	86
7.2.1.1 Água Bruta	86
7.2.1.2 Água Recuperada	88
7.2.1.3 Água Tratada	89
7.2.1.4 Águas de Processo	91
7.3 DEMANDA DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS E POSSIBILIDADE DE REÚSO	92
7.4 POSSIBILIDADES DE REÚSO	95
7.4.1 Setor de Produção	95
7.4.1.1 Limpeza de Pisos e Paredes da Fábrica	95
7.4.1.2 Lavadora de Garrafas	96
7.4.1.3 Lavadora de Caixas	97
7.4.1.4 Caldeiras Industriais	97
7.4.2 Setores Externos	97
7.4.2.1 Torres de Resfriamento da ETA	97
7.4.2.2 Lavagem de Veículos	98

7.4.2.3 Rega de Jardim	98
7.4.2.4 Purga dos Floculadores	98
7.5 VAZÃO MÉDIA CONSUMIDA DE ÁGUA NOS EQUIPAMENTOS E SETORES	99
7.6 EFLUENTES DOS PROCESSOS PRODUTIVOS	100
7.6.1 Locais de Geração de Emissões Líquidas	100
7.6.2 Composição das Emissões Líquidas Geradas	101
7.7 TRATAMENTO DE EFLUENTES	102
7.7.1 Verificação da Quantidade e da Qualidade do Efluente Tratado	102
7.8 RESULTADOS DAS ANÁLISES DO EFLUENTE TRATADO	105
7.9 VAZÃO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE TRATADO	115
8 PROPOSTAS DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A	116
8.1 NOVO SISTEMA DE DESINFECÇÃO PARA O EFLUENTE TRATADO	116
8.2 MATERIAIS E MÉTODOS	117
8.3 RESULTADOS	121
8.4 DISCUSSÃO	123
9 REÚSO DE ÁGUA DA PURGA DO FLOCULADOR DA ETA	126
9.1 MATERIAS E MÉTODOS	126
9.2 RESULTADOS	130
9.3 DISCUSSÃO	131
10 REÚSO DA ÁGUA DE PROCESSO NÃO POTÁVEL UTILIZADA NO RINSER DE LUBRIFICAÇÃO DE ULTRASSOM DA LINHA DE GARRAFAS PET	133
10.1 MATERIAS E MÉTODOS	135
10.2 RESULTADOS	136
11 PROJETO DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DE PROCESSO UTILIZADA NA LAVADORA DE CAIXAS PARA LIMPEZA DE PISOS E PAREDES NO SETOR DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA A	139
11.1 MATERIAS E MÉTODOS	141

11.2 RESULTADOS.....	143
11.3 DISCUSSÃO DOS ITENS 10 E 11	146
12 CONCLUSÃO	149
13 RECOMENDAÇÕES.....	151
REFERÊNCIAS.....	152

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade da água em qualquer local do planeta, torna-se variável no tempo e espaço, dependendo das condições climáticas de cada região e período do ano, podendo ser modificada por atividades humanas tanto pela demanda excessiva, quanto pela poluição gerada pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), o conceito do uso da água no Brasil até pouco tempo atrás era tido como abundante e infinito, devido à grande disponibilidade hídrica em nosso país, que corresponde á aproximadamente 13% de toda parcela de água doce encontrada no planeta. Entretanto, este não é o verdadeiro cenário atual da condição brasileira.

Atualmente a escassez de água em nosso país é uma realidade tanto nas regiões onde o clima é desfavorável, quanto nas regiões altamente urbanizadas, como se pode observar em algumas regiões metropolitanas. Por isso o conceito antigo de abundância deve ser repensado, fazendo-se importante que fosse criado um novo conceito na sociedade brasileira, o conceito de racionalização e reúso da água, a fim de que fossem dadas garantias para a continuação das atividades humanas e industriais.

A crescente demanda por água em função do desenvolvimento econômico e industrial faz com que aumentem as pressões da sociedade e dos governantes por soluções ditas ecologicamente corretas, ou seja, que possibilitem a redução do consumo de água e efluente para que haja a preservação dos recursos naturais.

Segundo Marcucci e Tognotti (2002), a escassez de fontes naturais, e a crescente demanda de água para satisfazer o consumo doméstico e industrial, acabam estimulando diversas formas de reutilização de efluentes, fazendo com que as indústrias utilizem cada vez mais novas tecnologias de tratamento, buscando benefícios ambientais a fim de diminuir a descarga de poluentes.

A Lei 9.433/97, que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, denomina a água como bem público dotado de valor econômico e finito como recurso natural. Essa política estabeleceu pela primeira vez a gestão descentralizada dos recursos hídricos, criando os comitês de bacias hidrográficas e criando um novo instrumento da política de recursos hídricos, que é a cobrança pela

utilização dos recursos hídricos. Cobrança essa, que vem sendo gradativamente estabelecida, primeiramente, nas bacias onde já existem conflitos na utilização desses recursos, para depois ser estabelecida nas outras bacias. Alguns comitês do Estado de São Paulo, como o comitê das bacias do PCJ (comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí), já utilizam o mecanismo da cobrança. (BRASIL, 1997). No Estado do Paraná, o Decreto 4646/01 definiu o regime de outorga dos recursos hídricos, que constitui o primeiro passo para que entre em vigor o mecanismo da cobrança, já que as atividades de captação de água superficial e subterrânea já são passíveis de outorga. Apesar da cobrança pelo uso dos recursos hídricos estar regulamentada pelo Decreto Estadual nº 5361/02, ela ainda não se encontra implementada, muito embora os valores da cobrança por metro cúbico dos recursos já estejam sendo discutidos. (BRASIL, 2001)

Segundo Franco (2010), ainda existem poucos instrumentos legais em relação ao reúso de água no Brasil, desta forma é fundamental que os modelos políticos, tecnológicos e legais de países que já vêm adotando o reúso, sejam estudados, para que haja o incentivo necessário às práticas do reúso em nosso país.

Até a presente conclusão deste trabalho, o Instituto Paranaense de Águas (Ipáguas) não havia definido ainda a data em que a cobrança dos recursos hídricos entrará em vigor.

A cobrança do uso da água incentivará as indústrias a buscar novas tecnologias para reúso de água e efluentes, pois a implantação desse tipo de cobrança acabará representando um aumento nos custos de produção, fazendo com que as indústrias busquem aumentar sua eficiência e competitividade.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), algumas indústrias brasileiras, conscientes do tamanho do problema, desenvolveram uma postura pró-ativa, avaliando e realizando projetos de reúso, utilização de águas pluviais e economia dos recursos naturais, não só pelas penalidades financeiras previstas, mas também com o objetivo de transmitir uma imagem ambiental positiva, que atualmente adquiriu uma grande importância para as indústrias, similar até ao próprio marketing institucional das organizações.

Segundo Lu *et al.* (2010), a recuperação e reutilização das águas residuais, tornou-se uma opção atraente para minimizar a dependência das fontes de

abastecimento de água, já que a escassez dessas fontes pode resultar em aumento no custo de abastecimento de água nas regiões industriais.

O reúso, portanto, obriga as indústrias a constituírem um novo modelo para o gerenciamento de água nos seus processos, buscando a racionalização de seu consumo, controlando a poluição, reduzindo a quantidade de efluente tratado lançado em corpo hídrico receptor e garantindo sua competitividade no mercado consumidor.

No presente trabalho foram propostas alternativas de reúso não potável de água de processo além da realização de estudos sobre sistemas de desinfecção para a reutilização do efluente tratado. Nesse sentido, a metodologia utilizada foi descrita separadamente para cada uma das propostas, nos itens 8.2, 9.1, 10.1 e 11.1 desta dissertação.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a viabilidade do reúso não potável da água gerada pelo processo industrial em indústria de bebidas, bem como estudar os sistemas de desinfecção visando à reutilização do efluente tratado.

2.2 ESPECÍFICOS

Propor e avaliar alternativas de reúso não potável de água de processo e um novo sistema de desinfecção visando à reutilização do efluente tratado, para minimizar a captação de água realizada por uma indústria de bebidas.

3 JUSTIFICATIVA

A Lei nº 9.433/97 instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, que em seu artigo 20 mostra ao usuário o valor do recurso hídrico, bem como, incentiva a racionalização desse recurso natural. Nessa mesma lei, a água é denominada um bem público dotado de valor econômico e finito como recurso natural.

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu a gestão descentralizada dos recursos hídricos, contando com a participação do poder público, da comunidade e dos próprios usuários desses recursos. Essas instâncias formaram então os comitês de bacias hidrográficas. As atribuições desses comitês seriam: discutir as prioridades entre os mananciais de suas bacias; atuar de forma decisiva na aprovação dos planos de bacia; solucionar possíveis conflitos, que possam existir, envolvendo os interessados no uso dos recursos hídricos; criar alguns mecanismos de uso da água, como por exemplo, a cobrança pelo uso e a definição dos valores que serão arrecadados dos usuários.

Segundo Silva *et al.* (2003), a cobrança pelos recursos hídricos deve ser realizada através da outorga, que é um documento de concessão, que pode ser emitido por um órgão público na esfera Federal e Estadual e que concede ao usuário o direito de captar água superficial e subterrânea, bem como, o direito de descarte de efluentes, garantido assim o uso planejado da água. O Poder Público, através dessa outorga, consegue garantir que o uso da água seja planejado e respeitado pelos usuários. Além disso, a cobrança de tarifa pelo uso da água incentiva o usuário industrial a utilizar práticas de reúso de água e do efluente tratado no interior das indústrias, fazendo com que o mesmo busque novas tecnologias, para atingir esses objetivos. Essa cobrança pelo uso da água baseia-se no conceito do poluidor-pagador, no qual se incluem todas as indústrias que utilizam os recursos naturais para produção industrial, comercialização e consumo.

As indústrias serão, automaticamente, induzidas a reduzir o consumo de água, por um sistema de racionalização, reúso e abatimento de carga poluidora, por meio de sistemas avançados de tratamento. Os critérios gerais norteadores de um programa de reúso quanto à qualidade da água produzida são os seguintes: o reúso não deve resultar em riscos sanitários à população, não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários, não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente. (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p.35).

A cobrança do uso da água já é realidade em alguns estados da federação, como o Estado de São Paulo, através do Comitê para Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul, assim como no Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. No Paraná, a Lei nº 12726/99 estabelece a Política de Recursos Hídricos no Estado. Já o Decreto Estadual nº 4646/01 dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água no Estado do Paraná já está estabelecida pelo Decreto Estadual nº 5361/02, embora ainda não esteja implementada. O Estado utiliza-se da outorga de direito, que permite que a empresa realize a captação de águas subterrâneas e superficiais de domínio Estadual, desde que o usuário obedeça às condicionantes dispostas na própria outorga. Segundo o Decreto Estadual nº 4646/01, o lançamento de efluentes líquidos em curso d'água de domínio Estadual também é uma atividade passível de outorga e futuramente, esse lançamento estará sujeito à cobrança.

Diante de uma legislação vigente cada vez mais rígida, o reúso de água e efluente torna-se uma alternativa a fim de reduzir o consumo de recursos naturais, otimizando o seu uso. Este estudo avalia as formas de reúso não potável de água e efluentes na indústria produtora de refrigerantes. Assim, será possível obter-se uma redução de custos e desperdícios, aumentando a competitividade da empresa, obtendo-se melhores resultados nos indicadores ambientais da companhia, aderindo-se aos conceitos de responsabilidade social e ambiental e, por consequência, agregando valor à imagem da empresa. Além disso, a prática do reúso torna-se um instrumento para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental, fazendo parte de um conceito mais amplo que é o do desenvolvimento sustentável.

4 INDÚSTRIA DE BEBIDAS

No presente capítulo, será apresentado o histórico das indústrias de bebidas no Brasil, relatando uma abordagem sobre os seus processos produtivos e também sobre as emissões geradas por esse tipo de indústria.

4.1 HISTÓRICO DAS INDÚSTRIAS DE BEBIDAS NO BRASIL

As indústrias de bebidas no Brasil e no mundo são compostas, tanto por empresas familiares, como por empresas globais, que atendem vários países, produzindo bebidas de todo o tipo e gerando milhares de empregos pelo mundo.

Os tipos de bebidas produzidos, vão desde as bebidas consideradas como não alcoólicas, tais como água mineral, refrigerantes, chás, energéticos e sucos prontos para beber, até o portfólio de bebidas alcoólicas como cervejas, vinhos, tequila, vodka, rum, espumantes, licores, enfim, uma infinidade de produtos, contando também com a popular cachaça brasileira.

Como o foco do estudo deste trabalho é a indústria de refrigerantes, esse tema será abordado com maior ênfase.

Segundo Weber (2006), era grande o interesse da população do século XVIII pela água mineral, atraindo a curiosidade dos cientistas da época de tentar produzi-la artificialmente. Desta forma, em 1772, o químico inglês Joseph Priestley injetou gás carbônico na água mineral natural, criando assim a soda, uma bebida que no início as pessoas tomavam como se fosse fortificante.

Segundo Fantiel (2004), John Mathews desenvolveu um equipamento que misturava água com o gás de forma simples, diretamente em balcão de farmácia, o que ficou conhecido pelo nome de soda fountain. O crescimento do consumo dessa mistura fez com que as farmácias da época virassem verdadeiros pontos de encontro para as pessoas.

Com o passar do tempo foram misturados à soda fountain concentrados à base de noz de cola e outros componentes, chegando a uma formulação e sabor parecidos ao que conhecemos hoje em dia como refrigerante.

Para que o consumo se expandisse para a mesa do consumidor, existiam alguns limitadores na época, como as embalagens, que por serem irregulares e de diferentes tamanhos, dificultavam o transporte e o empilhamento. Com a invenção da tampa coroa, que era uma rolha metálica recoberta por plástico, foi possível conter com perfeição a pressão interna do líquido gasoso, o que facilitava o transporte e manuseio.

Desse momento em diante, percebeu-se uma explosão do consumo desse tipo de produto, chegando aos dias atuais com uma imensidão de marcas e sabores oferecidos ao consumidor final, bem como uma grande variedade de tamanhos e embalagens.

Segundo a ABIR (Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas), o histórico da implantação da indústria de bebidas se dá no século XX, com a produção de sucos de fruta misturados com água, puxado pelo crescimento econômico e populacional experimentado pelo Brasil no começo dos anos 40.

Dessa forma, a produção de sucos prontos no Brasil cresceu a partir dos anos 50 devido à grande demanda por sucos de laranja nos EUA, o que rendeu ao Brasil na época a liderança na produção de sucos de derivados da laranja. Já a água, era engarrafada e disponibilizada em farmácias por poucos produtores. O impulso de produção também aconteceu nos anos 40, quando os jogos de azar foram proibidos no país, esvaziando os cassinos, principais atrativos das estâncias minerais, o que obrigou algumas regiões brasileiras a investirem no engarrafamento da água.

Há registros da fabricação de refrigerantes no Brasil desde 1906, porém apenas em 1920, é que o refrigerante entrou para o cotidiano dos brasileiros. Assim, em 1942 foi instalada no Rio de Janeiro a primeira fábrica de refrigerantes. De acordo com a ABIR (2007), atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor de refrigerantes do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos e para o México.

4.2 PROCESSOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES

Para que se possa descrever os processos envolvidos na produção de refrigerantes, é preciso antes descrever quais são as matérias-primas utilizadas para a produção da bebida final, além da definição, propriamente dita, do que são refrigerantes.

Segundo Tocchini e Nisida (1995), os refrigerantes são fluídos, não alcoólicos, que são geralmente adoçados, acidificados, aromatizados, coloridos artificialmente e gaseificados, com dióxido de carbono, utilizados basicamente para matar a sede. As matérias-primas principais para a produção de refrigerantes são: água, açúcar, concentrado, sucos de fruta, gás carbônico, acidulantes, e corantes.

Os processos envolvidos na produção dos refrigerantes são relativamente simples e podem ser descritos em basicamente seis etapas. Segundo Tosin (2010), as etapas para preparo de refrigerantes são: preparo do xarope simples, preparo do xarope final, em seguida a fabricação, propriamente dita, dos refrigerantes, o preparo de vasilhames, o empacotamento e o desenvolvimento das operações auxiliares.

Para se obter o xarope simples, basta diluir o açúcar em água aquecida, seguida da etapa de cozimento à temperatura de 85 a 100°C. Essa mistura ainda passa por um processo de desodorização e clarificação em colunas de troca iônica e filtros de carvão ativado, a fim de garantir a qualidade nos requisitos gosto, odor e cor do xarope simples.

Já no preparo do xarope final, são misturados ao xarope simples os sucos naturais e compostos concentrados contendo estabilizantes, conservantes, corantes, extratos vegetais entre outros. É necessário destacar que para o preparo de xarope final de produtos dietéticos (light ou zero) são adicionados edulcorantes sintéticos, como aspartame, ciclamato, sacarina, em substituição ao xarope simples que contém açúcar.

Logo após esse processo, ocorre a diluição do xarope final na água tratada, dando origem à fabricação da bebida, de acordo com as receitas de cada produto. Em seguida, a bebida é resfriada e nela é inserido o gás carbônico, elemento que confere as características de refrescância e acidez própria dos refrigerantes. Depois de pronto, o refrigerante segue para a enchedora que preenche os vasilhames e os

direciona para o lacrador, que é o equipamento responsável pela aplicação das tampas. Na próxima fase, será descrito o preparo dos vasilhames, que podem ser de dois tipos: retornáveis ou descartáveis.

As embalagens descartáveis são aquelas feitas de latas e garrafas pet, enquanto que as embalagens retornáveis constituem-se basicamente dos vasilhames de vidro.

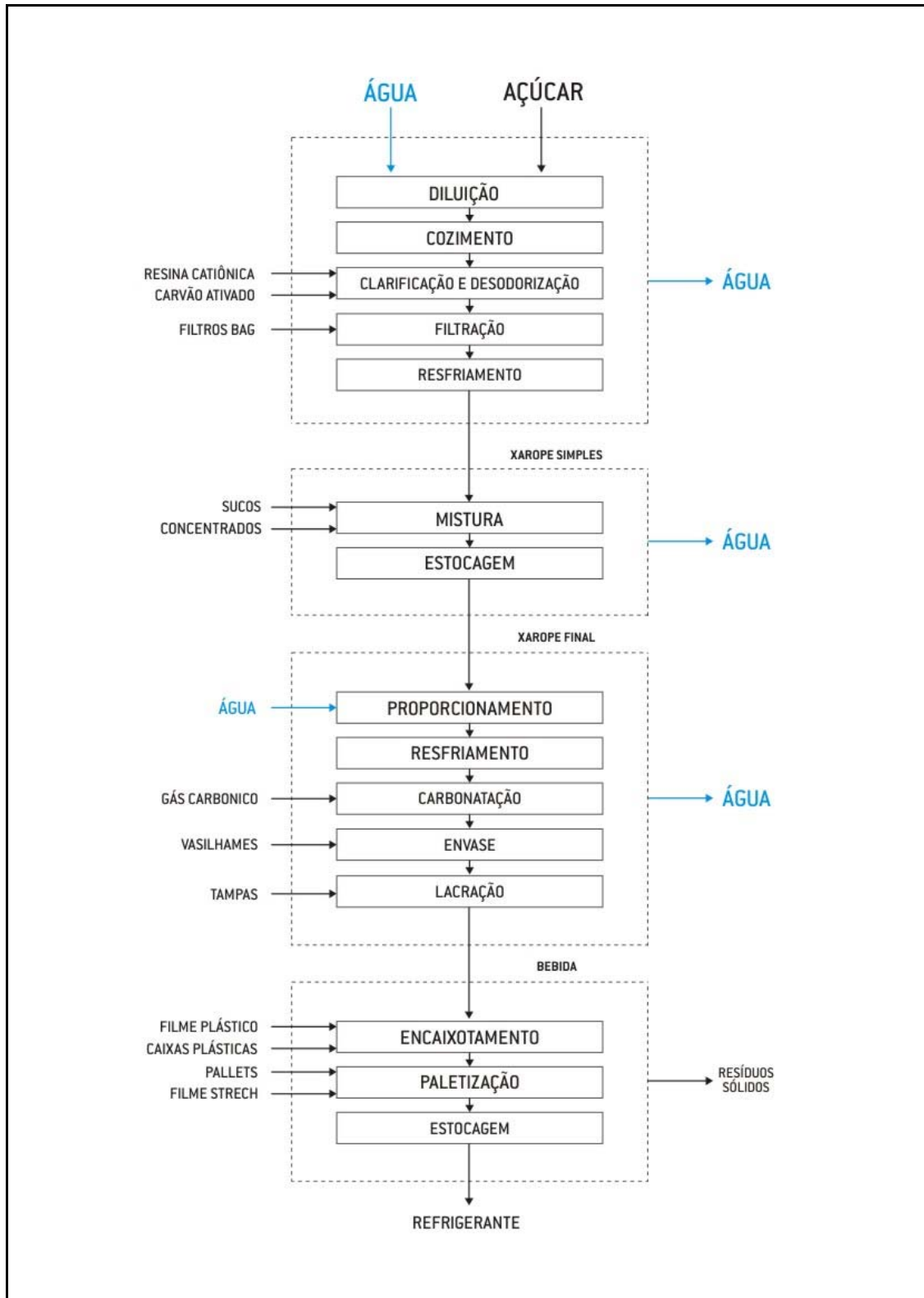
Nessa etapa de preparo de vasilhames, as embalagens retornáveis passam por um rigoroso processo de lavagem em solução alcalina, seguido do enxágue com água clorada, para assegurar a higienização das mesmas. Durante o preparo dos vasilhames, existe a inspeção visual e eletrônica das garrafas, a fim de garantir que sejam retiradas as garrafas que são impróprias para o enchimento.

A penúltima etapa a ser descrita, é a etapa do empacotamento, em que o processo para as embalagens retornáveis difere do processo das embalagens descartáveis.

O processo para as embalagens retornáveis começa com o encaixotamento das garrafas dentro de caixas plásticas, enquanto as garrafas descartáveis são empacotadas em embalagens envolvidas por um filme plástico contrátil tipo shrink. Depois do empacotamento, para ambos os tipos de embalagens, ocorre a paletização, em que um equipamento empilha as caixas e pacotes sobre os *pallets*, para que os mesmos possam ser estocados.

Por último, pode-se citar também como etapa do processo, as operações auxiliares, que são basicamente: tratamento de água, tratamento de efluentes, sistemas de refrigeração e geração de vapor. Essas operações serão abordadas com mais profundidade na sequência desta dissertação.

A seguir, será apresentado o fluxograma 1 que mostra os processos envolvidos na fabricação de refrigerantes bem como as entradas de água nesses processos e a geração de resíduos sólidos.



FLUXOGRAMA 1 – PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES
 FONTE: TOSIN (2010)

4.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES

4.3.1 Visão Geral

A água na indústria de bebidas é utilizada para vários fins, como por exemplo, refrigeração de equipamentos, limpeza em geral, uso em torres de resfriamento, geração de vapor, desadocicamento do açúcar, contralavagem de filtros de carvão e areia, fabricação do xarope simples, limpeza das linhas de produção e da própria fabricação do refrigerante.

No caso da fabricação do refrigerante, a qualidade da água necessita seguir padrões internos e de legislação, para que a água enviada para as linhas de produção garanta os padrões de potabilidade para consumo humano e supra as necessidades de processo.

O uso de água na produção de refrigerantes é muito abrangente, pois começa com a captação, que pode ser proveniente de fontes superficiais, como água retirada de rios e fornecida pelas concessionárias públicas ou privadas ou captadas através de poços subterrâneos. O uso dos poços subterrâneos garante, em alguns casos, o abastecimento de uma parte da quantidade necessária diária de água utilizada pelas indústrias, evitando a vulnerabilidade do abastecimento, que depende na maioria das vezes, do tratamento e disponibilidade dos recursos hídricos provenientes das concessionárias públicas e privadas.

4.3.2 Caracterização da Água para Consumo Humano

Na entrada do processo de tratamento das águas provenientes de poços de abastecimento e da concessionária pública, alguns parâmetros de referência para água bruta e tratada devem ser considerados, para que se tenha uma boa eficiência do processo de tratamento.

No caso da água bruta, deve se observar os odores característicos presentes na água, causados basicamente pelo ferro, ácido sulfídrico, cloro, que podem reagir com essências delicadas dos produtos e, conseqüentemente, alterar o sabor da bebida.

A turbidez e os materiais em suspensão, que são os sólidos totais dissolvidos, indicam a quantidade de matéria suspensa de qualquer natureza presente em uma certa quantidade de água. A presença de matéria orgânica, proveniente de matéria vegetal em decomposição, é quase sempre responsável pelo desenvolvimento de cor na água, que é outro parâmetro que deve ser observado.

O ferro também é um parâmetro a ser monitorado, pois excessivos níveis de ferro podem interferir no gosto e aparência dos produtos. É importante a verificação dos níveis da alcalinidade da água de entrada, pois em níveis muito altos a alcalinidade também pode alterar o gosto do produto final.

A dureza da água, que é caracterizada pela presença de bicarbonatos de cálcio e de magnésio, que apresenta um problema crítico no processo industrial, devido às possíveis incrustações ocasionadas nos equipamentos, principalmente na lavadora de garrafas, caldeiras e tubulações, também deve ser monitorada.

Por último, pode-se citar o controle do pH (potencial hidrogeniônico), que indica o índice de acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer e que é de fundamental importância para a posterior e correta coagulação e floculação, que são processos observados durante o tratamento de água.

A tabela 1 mostra que existem no caso da água tratada, alguns parâmetros internos de tratamento, utilizados pelas empresas produtoras de refrigerantes, assim como os requisitos legais da Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25 de março de 2004, de acordo com o VMP (valor máximo permitido) para cada parâmetro:

TABELA 1 – POTABILIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Parâmetro	Unidade	VMP Portaria 518/04	VMP Indústria de Refrigerantes
<i>Escherichia Coli</i> ou coliformes termotolerantes	0/100mL	0	0
Coliformes totais	0/100mL	0	0
Alumínio	mg/L	0,2	<0,1
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5	1,5
Alcalinidade	ppm	-	<85
Bactérias Totais	mL	<25	<25
Cloreto	mg/L	250	<300
Cor aparente	Uh	15	15
Cloro Livre	ppm	3	0
Cloro Total	ppm	0	0
Dureza	mg/L	500	85
Etilbenzeno	mg/L	0,2	0,3
Ferro	mg/L	0,3	<0,1
Manganês	mg/L	0,1	0,4
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,12
Odor	-	Não Objetável	Não Objetável
Gosto	-	Não Objetável	Não Objetável
Sódio	mg/L	200	200
SDT	mg/L	1000	<500
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5	0,5
Tolueno	mg/L	0,17	0,17
Turbidez	NTU	5	0,5
Zinco	mg/L	5	5
Xileno	mg/L	0,3	<0,0003

FONTE: TABELA 1 E 5 DA PORTARIA 518/04 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE E DOS PARÂMETROS RECOMENDADOS PARA ÁGUA TRATADA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES

4.4 EMISSÕES GERADAS PELA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

4.4.1 Visão Geral

Em uma indústria de refrigerantes, existem vários tipos de emissões que podem ter impacto no meio ambiente e que podem ser classificados em emissões

atmosféricas, despejos de efluentes líquidos e industriais e geração de resíduos sólidos.

Dentre as emissões atmosféricas, podem-se citar as emissões causadas pelas fontes fixas, como por exemplo, as emissões provenientes da queima de combustível em caldeiras industriais. Existem também as emissões atmosféricas causadas por fontes móveis, que são as emissões provenientes dos escapamentos dos carros e caminhões.

Existe também nesse tipo de empresa a geração de efluentes líquidos, provenientes dos processos industriais e de outras atividades, bem como, a geração de resíduos sólidos, que em alguns casos são passíveis de destinação especial, citando o caso específico dos resíduos perigosos, como óleo lubrificante usado, lâmpadas fluorescentes e tintas utilizadas na codificação das garrafas.

4.4.2 Geração de Efluentes

Em relação ao despejo de efluentes líquidos industriais, pode-se citar a geração de efluente sanitário, efluente líquido das diferentes atividades da empresa e efluentes gerados pelo processo industrial. O efluente proveniente do processo industrial contém carga orgânica e açúcar gerados apartir de possíveis perdas de bebida final e concentrado durante a fabricação do refrigerante. Existe também a geração de efluentes através de outras atividades como limpeza de pisos, lavagem de caminhões, processo de troca iônica para purificação do açúcar, dentre outras.

4.4.3 Caracterização e Composição do Efluente

Os efluentes gerados na indústria podem ser descritos como efluente industrial e efluente sanitário. O efluente industrial pode ser caracterizado como efluente bruto, que é aquele efluente que foi gerado e enviado para a estação de tratamento de efluente ainda sem tratamento. O efluente sanitário é proveniente de todos os sanitários da empresa.

Há ainda o efluente tratado, que é assim chamado, pois já passou por todas as fases de tratamento e já está apto, em termos de qualidade e de atendimentos aos parâmetros legais, para ser lançado para o corpo hídrico receptor. Os parâmetros a serem seguidos, dependem das características e classes dos corpos hídricos e do atendimento à legislação local.

Na tabela 2 são mostrados os parâmetros do artigo 34, da Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005, que foi complementada pela Resolução Conama nº 397 de 03 de abril de 2008 e que estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente nos corpos de água, desde que obedeçam às condições e padrões previstos nesse artigo, resguardadas outras exigências cabíveis. Os parâmetros da tabela 2 correspondem aos limites máximos permitidos pela Legislação Federal, para lançamento de efluente tratado em corpo hídrico receptor.

TABELA 2 – PARÂMETROS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE TRATADO continua

Parâmetros	Limites
pH	5 - 9
Temperatura	< 40°C.
Materiais sedimentáveis	até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
Vazão	máxima de até 1,5 vezes a vazão média
Óleos minerais	< 20 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	< 50 mg/L
Materiais flutuantes	ausentes
PARÂMETROS INORGÂNICOS	
Arsênio total (As)	0,5 mg/L
Bário total (BA)	5,0 mg/L
Boro total (B)	5,0 mg/L
Cádmio total (Cd)	0,2 mg/L
Chumbo total (Pb)	0,5 mg/L
Cianeto total (CN)	0,2 mg/L
Cobre dissolvido (Cu)	1,0 mg/L
Cromo total (Cr)	0,5 mg/L
Estanho total (Sn)	4,0 mg/L
Ferro dissolvido (Fe)	15,0 mg/L
Fluoreto total (F)	10,0 mg/L
Manganês dissolvido (Mn)	1,0 mg/L
Mercurio total (Hg)	0,01 mg/L

TABELA 2 – PARÂMETROS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE TRATADO conclusão

Níquel total (Ni)	2,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal total (N)	20,0 mg/L
Prata total (Ag)	0,1 mg/L
Selênio total (Se)	0,30 mg/L
Sulfeto (S)	1,0 mg/L
Zinco total (Zn)	5,0 mg/L
PARÂMETROS ORGÂNICOS	
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais	0,5 mg/L
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

FONTE: ARTIGO 34 DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

4.5 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

4.5.1 Visão Geral

Em uma indústria de refrigerantes, é de extrema importância a escolha do sistema de tratamento de água e de efluentes.

Em geral, é comum que se utilize o sistema de múltiplas barreiras para tratamento de água. Existem vários tipos de tratamento de efluentes que são eficientes para esse tipo de processo, como o tratamento físico-químico, químico e biológico.

A escolha do sistema de tratamento de água em indústria de refrigerantes torna-se cada vez mais complexa, pelo fato de que as legislações locais tornaram-se mais rígidas, restringindo assim os padrões de tolerância permitidos. O sistema mais utilizado em indústrias de refrigerantes é o tratamento por múltiplas barreiras.

4.5.2 Processos Físicos

4.5.2.1 Princípios da Decantação Utilizados no Tratamento de Água

Segundo Vianna, (1997), a decantação significa separar, por gravidade, impurezas sólidas que estejam presentes em um meio líquido. As partículas sólidas sedimentam no interior do líquido.

A sedimentação das partículas trazidas pela água pode ocorrer de duas formas principais: como partículas discretas ou como partículas floculentas. As partículas floculentas se aplicam no caso de decantadores instalados após os floculadores ou no caso dos floccodecantadores, e durante a sedimentação as partículas chocam-se umas nas outras aumentando a velocidade de sedimentação. Ainda segundo Vianna, (1997), a velocidade ótima de sedimentação é determinada por ensaios de laboratório, deve ser multiplicada por um fator k . Para estações de tratamento de água com capacidade de até 10.000 m³/dia, o fator k deve ser: $k = 0,50$. A taxa de aplicação da sedimentação para controle operacional em estações de tratamento de água com esta capacidade de tratamento é de 35 m³/m² por dia.

4.5.2.2 Princípios da Filtração

Segundo Vianna, (1997), a filtração teria sido o primeiro processo industrial de tratamento de água e é um processo utilizado para a retirada das partículas em suspensão e microorganismos que não foram retirados no processo da decantação. No processo da filtração, existem os filtros que podem ser classificados em filtros lentos ou rápidos.

Os filtros lentos são utilizados para água que apresenta baixa turbidez. Os filtros rápidos são utilizados para águas que necessitam de um tratamento físico-químico prévio. Existem também os filtros de camada dupla, que são compostos de areia e antracito. A utilização dos filtros de camada dupla são as opções mais viáveis em estações de tratamento de água em indústrias de refrigerantes. A

filtração que utiliza dupla camada é chamada de filtração de fluxo descendente. Os filtros de areia utilizados para filtração de fluxo descendente de camada dupla possuem tamanho efetivo de 0,40 a 0,45 milímetros e espessura mínima de 0,25 metros. A taxa máxima de filtração para filtro de camada dupla determinado por experiências em filtros-piloto é de aproximadamente $360 \text{ m}^3/\text{m}^2$ por dia.

Como tratamento de múltiplas barreiras, tem-se o tratamento químico convencional, ou seja, primeiramente a água bruta captada passa por um processo de coagulação/floculação, logo em seguida um processo de sedimentação e desinfecção, para que finalmente a água semi-tratada passe por um processo de filtro de areia, purificador de carvão e filtro polidor.

As vantagens da filtração e tratamento por múltiplas barreiras em indústria de refrigerantes são várias, já que removem os materiais, que podem proteger os microrganismos do efeito da desinfecção, atuando como primeira barreira para contaminantes, tais como os pesticidas. A filtração também possibilita a remoção de compostos químicos, que tradicionalmente são removidos no leito de carvão, reduzindo assim a demanda do carvão ativado utilizado nos purificadores de carvão.

4.5.2.3 Princípios da Floculação

Segundo Vianna, (1997), a floculação é o processo de formação de pequenas partículas pela adição de coagulantes à água. Essas partículas geradas durante a coagulação aglutinam-se, formando flocos e agregando qualquer matéria estranha, tornando-a insolúvel.

Na medida em que os flocos se tornam partículas pesadas, começam a sedimentar, arrastando todo material estranho para o fundo do floculador. O período de detenção das partículas e os gradientes de velocidade para projetar um floculador necessitam ser calculados através de ensaios em escala piloto.

4.5.3 Princípios Químicos

4.5.3.1 Princípios da Coagulação

Segundo Vianna (1997), a coagulação começa no mesmo instante em que são adicionados os coagulantes à água, o que consiste numa série de reações físico-químicas entre os coagulantes e as superfícies das partículas, para que as partículas coloidais presentes sejam desestabilizadas e aglutinadas umas às outras. Nessas condições, as partículas sedimentarão mais rapidamente, facilitando a decantação e serão mais facilmente retidas nos filtros.

As principais substâncias coagulantes são o sulfato de alumínio, o sulfato ferroso, o sulfato férrico e o policloreto de alumínio. Para se obter uma boa coagulação, são necessários um controle de pH (potencial hidrogeniônico), para que haja as reações químicas e uma boa mistura na dissolução dos coagulantes na água.

A faixa ótima de pH varia para cada coagulante. O pH adequado para a coagulação utilizando o sulfato de alumínio é de 5,0 a 8,0. Já para o sulfato ferroso a faixa de pH vai de 8,5 a 11,0.

4.5.3.2 Princípios do Abrandamento

Segundo Vianna (1997), o abrandamento se faz necessário nas estações de tratamento de água industriais, pois a água fornecida pelas concessionárias públicas e privadas pode apresentar excesso de dureza, que nada mais é do que a presença de íons cálcio e magnésio na água, os quais podem ser um problema grave para indústrias que alimentam com essa água as caldeiras industriais e os jatos de enxágue da lavadora de garrafas, já que podem causar incrustações, tornando os jatos de enxágue inapropriados, comprometendo assim a eficiência e funcionamento das caldeiras.

O método mais comum de abrandamento é a utilização de uma coluna preenchida com resina de troca iônica. Quando a água que apresenta dureza passa pela resina contida na coluna, existe a troca dos íons de cálcio e magnésio e a substituição por íons de sódio, que não prejudicam os equipamentos fundamentais para o processo produtivo. As resinas dos abrandadores necessitam ser regeneradas, por isso, o mais usual é a utilização do cloreto de sódio para a regeneração. A coluna também passa por uma retrolavagem, que é uma operação no sentido inverso do fluxo comum de lavagem, na qual não deve ser usada água clorada para não danificar a resina inserida na coluna de abrandamento.

4.5.3.3 Princípios da Desinfecção

Segundo Vianna (1997), a desinfecção possibilita a eliminação de microorganismos patogênicos encontrados na água, como os vírus, bactérias, coliformes, fungos entre outros.

A desinfecção é utilizada após o tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação e filtração), já que essas etapas conseguem remover grande parte das bactérias existentes na água. Os organismos patogênicos, que conseguem atravessar o tratamento convencional, são eliminados pela desinfecção.

São vários os tipos de desinfecção existentes, sendo que a desinfecção mais comum é o hipoclorito de sódio. Existem outros tipos de desinfecção, como o cloro gás, a ozonização e a desinfecção por ultravioleta, esses dois últimos não são comuns de serem utilizados, devido ao elevado preço do tratamento.

O estudo do sistema de desinfecção é muito importante para a reutilização do efluente tratado, já que o mesmo pode servir para inúmeros fins, desde os fins menos nobres, como lavagem de pisos e paredes e rega de jardim, até os mais nobres como reúso deste efluente para atender a necessidade de água para importantes equipamentos industriais.

4.5.3.4 Princípios da Desinfecção pelo Cloro

Segundo Gonçalves (2003), o cloro modifica a membrana celular das bactérias presentes no esgoto sanitário, alterando a permeabilidade da mesma, inativando os vírus presentes nas bactérias.

O cloro e seus derivados apresentam alto poder oxidante e reagem com vários compostos presentes no esgoto. Durante a mistura do cloro com o efluente, existe o consumo de cloro que é realizado por vários constituintes da água residuária e por decomposição. O cloro reage com a amônia, para produzir uma série de compostos chamados cloroaminas.

A desinfecção por cloro é realizada nas formas de hipoclorito de cálcio ou hipoclorito de sódio. Segundo o guia de desinfecção da EPA (Agência Norte Americana de Proteção Ambiental), existem algumas vantagens e desvantagens no uso do cloro nos formatos de hipoclorito de cálcio e de sódio.

As vantagens desta utilização são:

- Melhora de cor nos efluentes;
- Biocida eficaz;
- Método de fácil montagem;
- Método mais conhecido no mundo.

As desvantagens do uso do hipoclorito são:

- Produto químico corrosivo;
- Menos eficaz para altos valores apresentados de pH;
- Custo de aplicação mais alto do que o gás cloro;
- Produz residual de cloro;

A desvantagem mais relevante é a reação do cloro com os outros compostos orgânicos, pois reações que envolvem o nitrogênio orgânico e os compostos não nitrogenados podem formar trihalometanos (THM's), que é uma substância que apresenta características cancerígenas. A desinfecção através do cloro e seus derivados é a mais conhecida e empregada no mundo, devido à eficácia e ao baixo custo do produto em relação aos outros métodos de desinfecção.

4.5.3.5 Princípios da Desinfecção por Meio da Ozonização

Segundo Gonçalves (2003), o ozônio é um poderoso agente oxidante, que é efetivo na destruição de vírus, bactérias, protozoários e na oxidação da matéria orgânica.

A desinfecção através do ozônio possui muitas vantagens, que são:

- Rapidez na desinfecção pois requer um curto tempo de contato;
- Grande eficiência na inativação de microorganismos;
- Baixa toxicidade encontrada nas misturas que contém o ozônio.

As desvantagens deste método são:

- O ozônio é altamente corrosivo e tóxico;
- A geração exige alta energia, portanto deve ser gerado no local;
- O custo inicial do equipamento para ozonização é alto.

4.5.3.6 Princípios da Desinfecção por Radiação Ultravioleta

Segundo Gonçalves (2003), o princípio de funcionamento dessa radiação é a exposição dos microorganismos presentes nos esgotos à radiação emitida por lâmpadas ultravioletas.

O emprego da radiação ultravioleta é uma alternativa à desinfecção, já que nenhum tipo de produto é adicionado à corrente líquida, resultando em um processo simples, de baixo custo e de fácil manutenção.

Este método também apresenta algumas desvantagens como, por exemplo:

- Em baixas dosagens pode não ser efetivo na inativação de alguns vírus;
- É necessário um controle para evitar formação de biofilme na tubulação;
- O custo de implantação do sistema é mais alto do que os sistemas mais simples de desinfecção;
- Se o efluente apresentar grandes quantidades de sólidos suspensos totais e turbidez, pode prejudicar a ineficiência da inativação dos microorganismos.

4.5.3.7 Princípios da Desinfecção por Dióxido de Cloro

Segundo Lapolli *et. al* (2005), o dióxido de cloro é um gás amarelo esverdeado, podendo ter variação de cor dependendo de sua concentração.

Esse tipo de desinfecção é aplicado em processos em que se faz necessária a eliminação de microorganismos patogênicos, sulfetos, fenóis, THM's, sendo utilizado em estações de tratamento de efluentes, cortumes, indústria de papel e alimentícia.

As vantagens deste sistema são:

Capacidade de oxidar a matéria orgânica sem a geração de hipoclorito, cloro gasoso ou THM's (Trihalometanos).

A dosagem requerida para a remoção de 90% de bactérias em efluente é baixa, estando compreendida na faixa de 1,5 a 3 mg/L.

Sistema mais eficaz que o cloro e as cloroaminas para a inativação dos organismos como o *Cryptosporidium* e a *Giardia*.

As desvantagens deste sistema são:

- Formação de subprodutos como o cloreto e o clorato;
- O dióxido de cloro no estado gasoso é altamente instável e pode se tornar explosivo.

Os subprodutos como o cloreto e o clorato, em altas concentrações podem ser nocivos à saúde humana. Mesmo sendo perigoso na forma de gás, o dióxido de cloro permanece estável quando em contato com a água, na forma de solução como gás dissolvido, como condição, a temperatura durante a reação deve estar menor do que 25°C e o ambiente preservado da luz, portanto, o dióxido de cloro deve ser gerado *in loco* e dissolvido em água.

Ainda segundo Lapolli *et. al* (2005), foram realizados estudos toxicológicos que mostram que o dióxido de cloro, se operado em condições seguras produz uma quantidade dos subprodutos como o clorito (ClO_2^-) e o clorato (ClO_3^-) mínimas e não apresenta riscos para a saúde humana. O uso do dióxido de cloro há alguns anos atrás era considerado inseguro, devido ao risco de explosão quando o produto na forma gasosa era exposto a altas temperaturas e à presença de luz. O dióxido de cloro se mostra estável, quando dissolvido com a água e quando gerado *in loco*.

4.6 TRATAMENTO BIOLÓGICO

Existem vários tipos de tratamento de efluente utilizados em indústria de refrigerantes, sempre priorizando a remoção de carga orgânica do sistema. Entre os modelos utilizados, pode-se citar o tratamento aeróbio por lodos ativados, o tratamento anaeróbio e o tratamento combinado, que nada mais é que uma combinação do tratamento aeróbio e anaeróbio.

Segundo Giordano (2004), os tratamentos biológicos possuem como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida em suspensão, transformando a matéria orgânica digerida em sólidos sedimentáveis ou em gases. Esses processos utilizam a matéria orgânica como substrato para microorganismos como fungos e bactérias.

Nos sistemas aeróbios, os microorganismos formam flocos, enquanto no sistema anaeróbio, uma parte da matéria orgânica é transformada em gases, como o gás carbônico e o metano.

Nos processos aeróbios, é comum existir o que se chama de excesso de lodo no sistema, que deve ser retirado e seco em processos de secagem natural ou mecanizada, a fim de reduzir seu volume.

O tratamento de efluente se dá por completo, quando o efluente final ou clarificado, satisfaz os padrões de lançamento segundo a legislação ambiental vigente. Os principais processos biológicos de tratamento são: as lagoas anaeróbias e fotossintéticas, sistemas anaeróbios com biodigestores, enquanto os processos aeróbios são representados pelo tratamento por lodos ativados e lagoas aeradas aeróbias. Também fazem parte dos processos biológicos de tratamento, os ditos processos facultativos, que podem ser representados pelos filtros biológicos, biodiscos e biocontatores.

Segundo Giordano (2004), os biocontatores fazem parte de um processo em que existe o contato alternado entre um biofilme (anexo a um suporte com tubos corrugados), o efluente a ser tratado e o ar atmosférico. Durante esse contato, ocorre a produção da biomassa, resultando no crescimento da espessura da camada do biofilme, que se desprende por sedimentação e dessa maneira a fase decantada é considerada como efluente tratado.

O caso do biodisco se parece muito com os biocontatores, a diferença é que o biofilme é suportado por placas circulares, que giram continuamente acionadas por

um moto-redutor. O sólido formado também se desprende e é removido por um decantador final. O efluente final, apresenta geralmente um aspecto cinzento que se assemelha aos filtros biológicos.

Porém, a diferença fundamental dos filtros biológicos para o biodisco é de que o leito desse tratamento é fixo e esse sistema possui capacidade de amortecimento das cargas orgânicas e variações de pH. Geralmente, os filtros biológicos são utilizados junto com outro processo complementar, pois esses apresentam baixos custos operacionais e redução de carga orgânica de aproximadamente 60% na maioria dos casos, dependendo da carga orgânica a ser tratada no sistema.

4.6.1 Tratamento por Lodos Ativados

Um dos sistemas mais utilizados para tratamento de efluentes em indústria de refrigerantes é o tratamento por lodos ativados. Segundo Sperling (1997), o sistema de lodos ativados, é utilizado para tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações em que existem uma elevada quantidade de efluentes e reduzida área para o tratamento. Fazem parte do sistema de lodos ativados um tanque de aeração, onde o oxigênio pode ser inserido através de ar atmosférico ou oxigênio puro, um decantador secundário e um sistema de recirculação de lodo. O polimento final, pode estar acoplado ao sistema de lodos ativados, através de um tratamento físico-químico seguido de um flotador, por exemplo.

No reator ou tanque de aeração, ocorrem as reações bioquímicas para a remoção da matéria orgânica. A biomassa formada pelo conjunto de bactérias, utiliza-se do substrato presente no efluente bruto para se desenvolver. É interessante ressaltar que o crescimento da biomassa é contínuo, ocorrendo a necessidade de um descarte periódico das quantidades definidas da mesma. No processo de lodos ativados, devem ser dosados no sistema uma quantidade de nitrogênio e fósforo, essenciais para o correto funcionamento da colônia dos microorganismos. No decantador secundário, ocorre a sedimentação dos sólidos, permitindo que o efluente saia clarificado. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador são recirculados para o reator, aumentando a concentração de biomassa

e ativando novamente o reator, fazendo com que o sistema por lodos ativados, tenha uma elevada eficiência de tratamento. A parte excedente dos sólidos encontrada no decantador secundário é separada, através da sedimentação dos flocos, e descartada para adensamento, secagem, estabilização e desidratação. O efluente clarificado e semi-tratado do decantador, pode seguir para um tratamento físico-químico para aglomeração e retirada dos sólidos em suspensão através de um flotor, que separa essas partículas sólidas através de um fluxo ascendente de bolhas de ar atmosférico, separando assim os sólidos, que restaram em suspensão, do efluente tratado, que dependendo das suas características, já pode ser descartado para o corpo hídrico receptor.

4.6.2 Tratamento Anaeróbico

Segundo Sottoriva (2003), processos anaeróbios compreendem grupos de microorganismos que não sobrevivem em ambientes aeróbios. Nos processos anaeróbios, além dos microorganismos metabolizarem material orgânico num ambiente, onde há a presença de oxidante, existem também alguns microorganismos que conseguem metabolizar a matéria orgânica, sem que haja um oxidante presente, que é o caso da fermentação, a qual forma como produtos finais dessa degradação o metano e o dióxido de carbono.

Basicamente, os processos de digestão anaeróbia, consistem em uma série de reações em sequência, desencadeadas por uma cultura diversificada de microorganismos anaeróbios e facultativos, que promovem redução de estruturas moleculares complexas em estruturas moleculares mais simples. Parte dessas transformações se dá no tanque de equalização, onde ocorre a acidificação bioquímica, enquanto que a transformação final em metano se dá em um reator anaeróbio. Segundo Chernicharo (2007), os reatores UASB (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente em Manto de Lodo) reúnem algumas características fundamentais ao tratamento, que são baixo tempo de retenção hidráulica e elevado tempo de retenção de biomassa.

Souza (2006) escreve que essas propriedades são possíveis graças ao fluxo hidráulico ascendente e a elementos internos, que fazem uma separação eficiente

das fases existentes no interior do reator que são: sólida, líquida e gasosa. O processo de separação ocorre, porque existe na parte superior do reator um separador trifásico, que divide o reator em duas zonas de separação, uma denominada sólido/líquido e a outra denominada líquido/gás que fica no interior do separador. Em seu interior, o fluxo hídrico é ascendente, isto é, a água residuária bruta é lançada na parte de fundo e o efluente tratado tem saída na parte mais superior do reator. Assim, entre os níveis de entrada e saída de líquido, no perfil do reator, é que se desenrolam todos os processos físicos e bioquímicos, os quais determinam a eficiência de remoção ou tratamento da matéria carbonácea. Nesse tipo de reator o efluente final sai a partir de uma dada altura na zona de decantação e o gás sai através da interface líquido/gasosa no interior do separador.

Os subprodutos usuais desse tipo de reator são vários. Pode-se citar o lodo, que é um subproduto sólido, a espuma, que é uma camada constituída de materias flutuantes, que é formada no compartimento de decantação do reator e os gases formados durante a digestão, no interior do separador trifásico.

Os gases formados pelas reações químicas são o metano, o gás carbônico e o sulfeto de hidrogênio. Esses gases são coletados no biodigestor e são encaminhados para queima pelo *Flare*, que é um dispositivo que queima os gases gerados e que não são aproveitados no processo.

4.6.3 Sistemas Combinados de Tratamento

Segundo Sottoriva (2003), para tratamento de efluentes são usados também os sistemas combinados. Esses sistemas consistem em se ter processos biológicos, anaeróbio-aeróbio, em conjunto, a fim de reduzir a carga orgânica inicial e retirar do sistema os nutrientes, como o nitrogênio amoniacal. Esses sistemas possuem baixo custo operacional e geram menor produção de lodo frente ao sistema de lodos ativados, o que propicia seu uso em indústria de alimento.

4.6.4 Princípios da Decantação Utilizada para Tratamento de Efluentes

Segundo Sperling (1997), para se entender os princípios da decantação, pode-se observar os quatro tipos de sedimentação observados no sistema de tratamento de lodos ativados.

O primeiro tipo de decantação pode ser observado em caixas de areia, que é a decantação discreta, em que as partículas sedimentam mantendo sua identidade, ou seja, não se aglutinam, conservando suas propriedades físicas, como forma, tamanho e densidade.

O segundo tipo de decantação, que pode ser observado em decantadores primários, é a decantação floculenta, em que as partículas se aglomeram à medida que sedimentam e suas características são alteradas com o seu aumento de tamanho em decorrência da velocidade de sedimentação.

O terceiro tipo é a decantação chamada de zonal, que é geralmente observada nos decantadores secundários, onde se tem uma elevada concentração de sólidos e se forma um manto que sedimenta como uma massa única de partículas.

Por último, temos a decantação por compressão, observada no fundo dos decantadores secundários, que ocorre quando se tem enormes concentrações de sólidos e as partículas ficam depositadas no fundo do decantador devido ao seu peso.

Os decantadores secundários possuem um papel importante no sistema de lodos ativados, pois no decantador é possível separar os sólidos em suspensão presentes no reator biológico ou no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado, é possível também um adensamento dos sólidos no fundo do decantador, permitindo um retorno do lodo para o reator com concentrações mais elevadas. A velocidade de sedimentação é um dos fatores importantes no cálculo do tamanho dos decantadores secundários.

4.6.5 Princípios do Tratamento Físico-Químico

Segundo Sperling (1997), os processos físico-químicos promovem através de reações químicas a remoção dos poluentes na mistura dos efluentes a serem tratados. Os principais processos são: a eletrocoagulação, que remove a matéria orgânica dos processos coloidais; a precipitação de fosfatos, que visa a retirada dos nutrientes do efluente pela adição de coagulantes químicos compostos de ferro e alumínio e a cloração para a desinfecção do efluente a ser tratado.

Geralmente, para os sistemas de lodos ativados usa-se o tratamento físico-químico e na saída do decantador secundário é adicionado um polímero catiônico, que possibilita a formação dos flocos com os sólidos suspensos, graças às diferenças de cargas apresentadas entre as moléculas e o sulfato de alumínio como coagulante, que aglutinam os flocos formados junto aos sólidos, ainda em suspensão. Na sequência desse processo, esses poluentes do efluente tratado seguem para um sistema de flotação, que remove fisicamente as impurezas, separando o efluente tratado que será devolvido ao corpo hídrico receptor. O princípio da flotação será melhor abordado no próximo item do presente estudo.

4.6.6 Princípios da Flotação

Segundo Sperling (1997), o processo de flotação é utilizado para separar partículas sólidas e/ou líquidas presentes numa fase líquida. O princípio da flotação baseia-se no contato e aderência das microbolhas de ar com partículas, diminuindo sua densidade e promovendo seu arraste para a superfície líquida.

Nos sistemas mais simples de flotação, pode-se citar a flotação por ar dissolvido, em que o efluente a ser tratado, alimentando o sistema, é combinado com o fluxo de água recirculada saturada de ar dissolvido e alimenta o sistema do flotador através de uma câmara de expansão. O ar é injetado logo após a bomba de recirculação e controlado por um rotâmetro. A pressão e o fluxo de água do tanque de pressão para o flotador são controlados por válvula purgadora. Na câmara de expansão as microbolhas de ar se expandem e se agregam às partículas de

poluentes suspensos como (óleo, gorduras, proteínas e outras substâncias orgânicas) e flutam para a superfície. Um raspador remove o lodo sobrenadante formado na superfície através de uma caixa de flutação para descarga. Esse lodo geralmente é enviado para secagem e adensamento. Como os agentes poluidores flutam, a água clarificada passa através de um separador e é canalizada para fora da unidade pela parede externa do tanque, controlada por um regulador de nível. Produtos químicos podem ser utilizados para melhorar a eficiência do flutador. O tipo e quantidade desses produtos são determinados pelas características do efluente a ser tratado, o nível de tratamento desejado e custos de aditivos.

O flutador por ar dissolvido pode ser usado como pré-tratamento para sistemas secundários, biológicos ou para certos efluentes, como tratamento final com redução de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) durante 5 dias acima de 80%. As vantagens desse tipo de processo são a pequena área necessária para instalação e o baixo consumo de energia.

4.6.7 Tecnologias Avançadas de Tratamento

Segundo Galil e Levinski (2007), existem técnicas avançadas de tratamento de águas de processo e efluentes, através da utilização de membranas, que separam os biossólidos da fase líquida. Este tipo de separação, substitui a separação convencional, realizada por gravidade e pode garantir uma qualidade superior na separação das fases, sendo determinante para a ampliação das possibilidades de reúso nas plantas industriais.

Segundo Gozávez-Zafrilla *et al.* (2008), os processos que utilizam membranas de ultrafiltração possuem uma boa eficiência de reutilização de água para atender aos padrões de reúso de água em indústria de alimentos, couro, têxteis e na indústria eletrônica. No entanto na parte operacional, deve-se ressaltar o cuidado com o entupimento dos poros da membrana, causado pelos materiais colóides e partículas em suspensão.

Ainda Segundo Gozávez-Zafrilla *et al.* (2008), a nanofiltração pode ter eficiência de remoção de DQO em mais de 90% além de apresentar poucos problemas de incrustação nos equipamentos.

5 LEGISLAÇÃO

5.1 VISÃO ABRANGENTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Segundo Silva et al. (2003), a legislação ambiental brasileira visa minimizar a poluição ambiental causada por vários fatores, tais como, a emissão de efluentes para os corpos receptores, as emissões atmosféricas geradas pelas fontes fixas e móveis e a classificação e destinação dos resíduos gerados pela indústrias e potenciais poluidores.

Segundo Peters (2003), a legislação ambiental brasileira em sua esfera Federal é mandatória, sendo seguida pela legislação Estadual e Municipal.

A legislação brasileira também preza a conservação dos recursos hídricos disponíveis e o primeiro decreto a tratar exclusivamente das águas foi o Decreto Federal nº 24.643/34, que ficou conhecido como Código de Águas, que definiu os vários tipos de água no território nacional, além de uma abordagem completa sobre a contaminação dos corpos de água.

5.2 LEGISLAÇÃO PERTINENTE À ÁGUA

Segundo Silva *et al.* (2003), o tratamento jurídico dado às águas no Brasil sempre considerou a mesma como um bem inesgotável, passível de utilização farta e abundante. Esse conceito começou a mudar a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988 e também da Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e que incentiva a racionalização do uso da água e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que trata da implantação da gestão de uso de águas por bacias hidrográficas, gestão descentralizada e participativa do poder público, dos usuários e das comunidades locais.

A Política Nacional de Recursos Hídricos direciona o uso da água para o consumo humano e dessedentação dos animais, inclusive criando instrumentos para

a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Segundo essa política, a cobrança pelo uso da água deve ser implementada nos principais rios e afluentes, sendo que essa cobrança deve começar a ser feita pela bacia em que exista algum tipo de conflito.

No que compete à legislação, cabe à União fiscalizar o uso dos recursos hídricos e outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos hídricos de domínio da própria União. Em relação à outorga, pode-se dizer que a cobrança só pode ser realizada em atividades e obras onde exista a outorga de direito. A outorga consiste em um documento emitido por um órgão público federal ou estadual e que concede ao usuário o direito da captação da água subterrânea ou superficial, assim o Poder Público consegue garantir que a prioridade de uso da água seja respeitada pelo usuário. Para a cobrança do uso da água, foi instituído na Política Nacional de Recursos Hídricos o conceito de poluidor-pagador.

Segundo Silva *et al.* (2003), o princípio do poluidor-pagador foi um importante passo para a cobrança dos recursos hídricos utilizados, já que esse princípio não se caracteriza por uma compensação por danos causados à poluição, não significando também, ser tributado pela poluição que causou, porém conquista-se o direito de poluir.

Já Mancuso e Santos, (2003), dizem que o conceito de poluidor-pagador se dá, quando se reconhece a água como dotada de valor econômico, e por esse motivo, seu uso deve ser cobrado. A Lei nº 9.433/97 estabelece que os recursos hídricos são de domínio da União e dos Estados, portanto não existe legitimidade de cobrança de uso dos recursos hídricos realizada pelos municípios.

5.2.1 Legislação Federal

Segundo Silva *et al.* (2003), existem muitas legislações federais pertinentes à água, porém este estudo irá citar as mais importantes para o trabalho.

A Lei nº 9.433/97 estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos e descentraliza a gestão dos recursos hídricos, além de estabelecer o mecanismo de cobrança pela utilização destes recursos, dentre seus instrumentos.

Pode-se citar ainda em nível nacional, a Lei nº 9.984/00, que criou a Agência Nacional de Águas, que é uma entidade Federal voltada para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, que estabeleceu os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

5.2.2 Legislação Paranaense

A Lei Estadual nº 12726/99 criou o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, enquadrando os corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, criando a outorga dos direitos pelo uso dos recursos hídricos e instituindo o mecanismo da cobrança.

O Estado do Paraná possui legislações específicas em relação à água, porém é no Decreto Estadual nº 4646 /01, que se pode observar todos os detalhes dos procedimentos para autorização administrativa da utilização de recursos hídricos.

As empresas que realizam a captação de águas subterrâneas e superficiais e que desejam lançar seus efluentes hídricos em corpos d'água, de domínio estadual, devem solicitar autorização para captação e operação ao órgão competente para esse fim, que atualmente é o Instituto Paranaense das Águas. O regime de outorga de uso de recursos hídricos direciona-se ao atendimento do interesse social e fundamenta-se na supremacia que o Governo do Estado exerce em seu território, nas matérias de sua competência, para disciplinar, condicionar e restringir, em favor do interesse público, os interesses individuais. O direito de uso de recursos hídricos é condicionado à disponibilidade hídrica e às situações críticas de escassez de águas, sujeitando o outorgado à suspensão da outorga e às demais disposições estabelecidas nesse decreto.

O Estado utiliza-se da outorga de direito, que permite que a empresa realize a captação de águas subterrâneas (de domínio estadual), desde que o usuário obedeça às condicionantes dispostas na própria outorga.

A outorga é um instrumento para que a cobrança possa ser realizada. Embora a cobrança pelo uso de água no Estado do Paraná já tenha sido regulamentada pelo Decreto Estadual nº 5361/02, a mesma ainda não se encontra implementada.

5.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO EFLUENTE TRATADO

A legislação brasileira classifica os corpos de água do território nacional e dispõe sobre as diretrizes ambientais para seu enquadramento, para que não haja mudança de classe do corpo hídrico receptor. Existe também a responsabilidade criminal no lançamento de efluente tratado com parâmetros considerados acima dos limites máximos permitidos.

Segundo Silva *et al.* (2003), no sentido de proteger a água, a Lei dos Crimes Ambientais nº 9605/98 prevê no artigo 54 que o poluidor que descarta efluente com características que fiquem acima de certo nível de demanda bioquímica de oxigênio, ou acima de certa porcentagem de sólidos suspensos, comete crime e por isso está sujeito ao pagamento de altas multas e pode até ser preso.

5.3.1 Legislação Federal

A Legislação Federal que trata da classificação de águas doces, salobras e salinas, de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade de efluente é a Resolução Conama nº 357/2005. Essa resolução que revogou a Resolução Conama nº 20/86 atualiza conceitos e regras a respeito da classificação de águas e, no que toca mais diretamente a empreendimentos, ao lançamento de efluentes nas águas. Constitui, assim, verdadeira “norma geral sobre lançamento de efluentes líquidos” a partir da qual as normas dos estados irão se basear.

Já a Resolução Conama nº 397/08 altera o inciso do artigo 34 da Resolução do Conama 357/05, que é aplicável aos empreendimentos que realizam lançamento de efluentes diretamente em curso d'água ou em rede coletora desprovida de

tratamento. Por meio dessa norma o Conama realizou a revisão das condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme previsto no artigo 44 da própria Resolução 357/05. É muito importante comentar que algumas indústrias produtoras de refrigerantes seguem, não só as regras da Resolução 357/05 em seu artigo 34, como também, alguns parâmetros internos estabelecidos pelas mesmas para garantir a qualidade do efluente tratado, valendo sempre como interpretação e análise dos resultados obtidos, os parâmetros mais restritivos. A tabela 3 cita os limites máximos dos parâmetros de lançamento de efluente tratado em relação ao artigo 34 da Resolução Conama 357/05 e os parâmetros internos estabelecidos pela indústria produtora de refrigerantes que é objeto deste estudo. Em caso de diferença de limite máximo permitido entre os parâmetros citados no artigo número 34 e os estabelecidos pela indústria produtora de refrigerantes em questão, adota-se sempre o parâmetro mais restritivo, quando da análise e interpretação do laudo final fornecido pelo laboratório externo responsável.

TABELA 3 – RELAÇÃO DOS PARÂMETROS INTERNOS E DA LEGISLAÇÃO FEDERAL

Parâmetros	Parâmetros Internos das Indústrias de Refrigerantes	Padrões Legislação Federal Conama 357/05 – Artigo 34	Unidade
DBO ₅	<50	-	mg/L
DQO	90% remoção	-	mg/L
Fósforo, total ⁽¹⁾	<2	-	mg/L
Nitrogênio, total ⁽¹⁾	<5	-	mg/L
Óleos e graxas	<10	20	mg/L
Oxigênio dissolvido	>1	-	mg/L
pH	6 a 9	5 a 9	-
Sólidos, totais dissolvidos	<2000	-	mg/L
Sólidos, totais suspensos	<50	-	mg/L
Surfactantes	<0,5	-	mg/L
Temperatura ⁽¹⁾	$\Delta T < 5$	$\Delta T > 3; T < 40^{\circ}$	$^{\circ}\text{C}$
Alumínio	<1,5	-	mg/L
Amônia, total ⁽¹⁾	-	-	mg/L
Cádmio ⁽¹⁾	<0,02	0,2	mg/L
Chumbo	<1	0,5	mg/L
Cloro, residual ou "livre"	<0,1	-	mg/L
Cor (método platina/cobalto)	100	-	Pt/Co
Cromo (III e VI) ⁽¹⁾	<2	0,1	mg/L
Ferro dissolvido	<1	15	mg/L
Sulfatos	<250	-	mg/L
Coliformes Fecais	< 2,000	1.000	NMP/100mL
Materiais Sedimentáveis (Cone Imhof)	-	1	ml/L. 1h
Fenóis totais	-	0,5	mg/L
Eficiência na remoção de DQO (%)	90%	--	%

FONTE: REQUISITOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A SER ESTUDADA

5.3.2 Legislação do Estado do Paraná

Segundo a Lei Estadual nº 12726/99, cabe aos estados e municípios estabelecer limites e padrões ambientais, para a instalação e licenciamento das indústrias, essa instrução segue grande parte dos termos federais como a previsão de outorga para o lançamento de efluentes líquidos em cursos de água de domínio Estadual. Nessa lei também estão previstas infrações e penalidades para ações ou omissões, que violem as normas de uso dos recursos hídricos.

A Portaria IAP nº 19/06, aprova a Instrução Normativa DIRAM PR nº 2/06, que estabelece o sistema de automonitoramento de efluentes das atividades poluidoras instaladas ou que venham a ser instaladas no Estado do Paraná, ou seja, obriga os potenciais poluidores a entregarem no órgão ambiental competente laudos, comprovando a qualidade de lançamento de seus efluentes líquidos industriais.

5.4 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO REÚSO DE ÁGUA E EFLUENTES

A Resolução nº 54/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável. Porém, são raras as legislações que falam de reúso. A Lei nº 9433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, no seu artigo 7 estabeleceu que os planos de recursos hídricos são planos de longo prazo e que visam, no mínimo, estipular as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

O artigo 19, dessa mesma lei, estabeleceu que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos objetiva incentivar a racionalização do uso da água.

Segundo Silva *et. al* (2003), quando se fala em falta de legislação própria para reúso, observa-se que a Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu em seus princípios de execução, os mesmos princípios e filosofia de reúso de água, portanto não há a necessidade de criar uma lei específica para o reúso de água. O

que se faz necessário é a instituição dos parâmetros para a utilização de todas as formas de reúso.

O reúso de água é previsto na esfera Federal, mesmo que de forma indireta, sendo necessária a sua regulamentação em caráter Estadual e Municipal. Uma vez iniciada a normatização do reúso no Brasil, pode-se utilizar o exemplo de outros países e cidades que já têm conceitos avançados sobre o reúso, como é o caso da Califórnia nos Estados Unidos, que já possui mais de 100 estatutos sobre esse assunto. (SILVA *et al.*, 2003).

Através da instituição da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, ocorre um incentivo para outras formas de captação de água, e conseqüentemente, uma opção, que se torna viável, é o reúso.

O conceito de poluidor-pagador também favorece tecnologias que permitem o descarte final de menor quantidade de efluentes, porém a cobrança pelo uso da água acabará incentivando o reúso do efluente tratado nos processos internos das indústrias.

6 REÚSO

6.1 VISÃO GERAL SOBRE O REÚSO

Segundo Urkiagaa *et al.* (2006), a recuperação de águas residuais começou no início do século passado nos EUA e Europa, porém a reutilização de águas residuárias, principalmente na agricultura é conhecida desde os tempos antigos. Até o ano de 2015 os países da comunidade européia, gostariam de atingir, um grau de excelência em relação ao reúso de água e efluentes. Entretanto, o reúso de água e efluentes na Europa ainda enfrentava alguns obstáculos que incluíam as críticas das pessoas que desconheciam as técnicas de reúso, os riscos técnicos, de higiene, econômicos e a falta de regulamentações legais. Em virtude dessas limitações, foram criados na Europa, grupos de especialistas capazes de implementar e padronizar estratégias para a regulamentação de um manual para a realização de estudos de viabilidade sobre a reutilização da água, realizando uma avaliação ecológica, social e econômica nos locais pretendidos para o reúso, entre diferentes países europeus e do mediterrâneo.

De acordo com Mancuso e Santos (2003), a água é renovada através do ciclo hidrológico, por isso, quando reciclada por sistemas naturais, a mesma se torna limpa e segura, deteriorando-se a níveis diferentes de poluição através de atividades antrópicas. Embora uma vez poluída, a água possa ser recuperada e reusada. Portanto, a qualidade da água utilizada para o objetivo específico do reúso é que estabelecerá quais os níveis de tratamento necessários, a fim de que o reúso seja realizado de forma correta.

Segundo Mohsen e Jaber (2002), o reúso de água de processo e a utilização de tecnologias mais limpas podem gerar nas indústrias de forma indireta, economia de energia, substituição de matérias-primas e produtos auxiliares, recuperação de produtos químicos e melhor controle dos processos industriais.

Segundo Marcucci e Tognotti (2002), o reúso das águas de processo permite diminuir os custos para depuração da carga orgânica presente no efluente bruto durante as operações de tratamento de efluentes.

Segundo Salgota (2006), para a recuperação de águas residuais é necessário adotar uma gestão envolvendo os riscos envolvidos, já que para cada tipo de reúso, deve ser verificado o padrão de qualidade de água. Também é importante considerar os custos econômicos e frequência de análise dos parâmetros a serem analisados em laboratório.

Ainda Segundo Salgota (2006), a recuperação e reutilização de águas residuais foram objeto de uma série de estudos que tratam de qualidade da água, especialmente em relação aos critérios microbiológicos para reúso de água de processo e efluente tratado.

Conforme visto no capítulo anterior, as legislações que regem a cobrança pelo uso da água, realidade em alguns estados da federação, incentivam a prática do reúso.

Segundo Maron Júnior (2006), a crescente demanda associada aos altos custos da água e o conceito de redução do consumo de recursos naturais têm incentivado as indústrias ao reúso interno de água e efluentes. O reúso favorece a redução da demanda sobre os mananciais e a possibilidade de substituição de água de qualidade superior (potável), por água de qualidade inferior que seja compatível com o uso específico, dessa forma, grandes quantidades de água potável podem ser poupadas e o efluente industrial reutilizado para fins de reúsos menos nobres.

Segundo Jödicke, Fischer e Hungerbühler (2001), a aprovação de projetos de reúso de águas de processo requer grandes esforços, devido ao alto custo dos equipamentos e as restrições de qualidade para o reúso deste tipo de água.

Segundo Jödicke, Fischer e Hungerbühler (2001), os projetos de reúso devem ser realizados observando os custos e o tempo de retorno do investimento inicial.

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), a água deve apresentar características químicas, físicas e biológicas adequadas para cada tipo de reúso a ser estudado e implantado. A implantação do reúso não substitui integralmente a necessidade de água em uma planta industrial, pois há limitações técnicas e operacionais, que restringem a utilização em sistemas fechados, portanto, se faz necessária uma avaliação das características da água e dos efluentes gerados, além de conhecimento dos padrões de emissão dos efluentes, segundo a legislação

vigente, essa avaliação deve estar contemplada dentro de um sistema de gestão ambiental (SGA).

Vários autores definem reúso por meio de conceitos diferentes. Seguem abaixo alguns conceitos sobre reúso:

Segundo Mancuso e Santos (2003), o reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta e pode ser:

- Reúso direto: constitui-se no uso planejado de esgoto tratado para uso em irrigação, industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reúso indireto: ocorre quando a água já é reutilizada várias vezes para uso doméstico ou industrial e é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas.
- Reciclagem interna: é o reúso interno da água nas instalações industriais, objetivando a economia de água e o controle da poluição.

Já, Westerhoff (1984), separa o reúso de água basicamente em duas categorias, potável direto e indireto e reúso não potável. O reúso potável direto é definido quando o efluente recuperado é reutilizado no sistema de água potável, depois de passar por um tratamento avançado. O reúso potável indireto se caracteriza, quando o efluente tratado é disposto nas galerias de águas pluviais para diluição, para posterior captação e tratamento, tendo como fim o tratamento em estações de tratamento públicas ou privadas, para ser utilizado novamente como água potável.

O reúso não potável para fins industriais abrange os reúsos em sistemas de refrigeração, águas de processo, utilização em caldeiras e equipamentos, entre outras utilidades.

Em relação ao reúso de efluentes, Mierzwa e Hespanhol (2005), definem alguns conceitos:

Reúso direto de efluentes: caracteriza-se quando um efluente originado em um processo é utilizado num outro processo subsequente, já que as características da água e do efluente a ser reutilizado são as mesmas. Esse tipo de reúso ficou conhecido como reúso em cascata.

Reúso de efluentes tratados: consiste na utilização de efluentes já submetidos a um processo de tratamento.

Para que a prática de reúso de efluente seja implementada em uma indústria, é necessário que todos os fatores que influenciam em sua quantidade e composição sejam avaliados, para que não haja nenhum tipo de problema de ordem técnica e operacional durante o reúso. O reúso do efluente tratado, geralmente, é utilizado após a adoção de técnicas complementares ou avançadas de tratamento.

Para o reúso da água, será abordada a definição de Westerhoff, que discorre sobre o reúso não potável para fins industriais, o que facilita o entendimento para a sequência deste trabalho.

6.2 POSSIBILIDADES DE REÚSO

O reúso de água pode ser utilizado em centros urbanos, para fins não potáveis, pois envolve riscos menores de contaminação. Porém, alguns cuidados especiais devem ser tomados quando essa água entra em contato direto com o público, como por exemplo, em gramado de parques, jardins, hotéis e campos de esporte. Os maiores potenciais de reúso em centros urbanos são:

- Irrigação de parques e jardins públicos;
- Irrigação de áreas jardinadas;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais;
- Controle de poeiras em obras de execução e aterro;
- Construção civil, mais precisamente para a preparação e cura de concreto;
- Torres de resfriamento;
- Caldeiras industriais;
- Lavagem de peças e equipamentos;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais;
- Processos industriais.

Segundo Mancuso e Santos (2003), existe também a recarga artificial de aquíferos, que utiliza águas de diversas procedências ou efluentes adequadamente

tratados, tendo como objetivo principal aumentar a disponibilidade de água ou incrementar reservas hídricas.

O reúso de água passa a ser interessante para fins agrícolas, pois a quantidade de água usada na irrigação é muito grande e existem dificuldades crescentes em identificar fontes alternativas de água para irrigação. Outra vantagem do reúso de água na agricultura é a aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola e o reconhecimento, por parte dos órgãos gestores dos recursos hídricos, do valor intrínseco nessa prática.

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), além do consumo humano a água na indústria pode ser utilizada como matéria-prima, como fluido auxiliar para a preparação de soluções químicas, reagentes químicos, para geração de energia, como fluido de aquecimento e resfriamento, para lavagem de equipamentos e uso em instalações sanitárias.

Mancuso e Santos, (2003), definem as possibilidades de reúso de água e efluente nas indústrias, como reúso macroexterno e reúso macrointerno.

O reúso macroexterno é realizado na maioria das vezes, pelas companhias de saneamento municipais ou estaduais, que fornecem efluente tratado como água de utilidades para um determinado conjunto de indústrias, formando um tipo de consórcio metropolitano de reúso de água.

Nesse caso, deve existir um bom número de indústrias para viabilizar economicamente esse tipo de projeto, já que os padrões de qualidade, o sistema de adução e a distribuição do efluente tratado apresentam um custo alto para implantação.

Geralmente, o reúso macroexterno é utilizado em Estado, em que o metro cúbico da água apresenta um custo elevado, como é o caso do Estado de São Paulo.

É importante salientar que o uso de efluentes tratados possui a vantagem de atender aos usos menos restritivos em relação à qualidade do efluente, como por exemplo, lavagem de pisos e equipamentos, servindo inclusive de água de processo em indústrias metal mecânicas.

Outras indústrias, que também participam do sistema de reúso promovido pelos consórcios metropolitanos, utilizam o efluente de reúso para produção de vapor, lavagem de gases de chaminé, manufatura de plástico, papel e papelão e

para a construção civil. Nesses casos, o reúso envolve sistemas de tratamento avançados e que demandam altos níveis de tratamento.

O reúso macrointerno se caracteriza quando as indústrias, individualmente, estudam a possibilidade de implantação de reúso interno específico, ou seja, quando existe a possibilidade de reciclagem de efluentes de qualquer processo industrial, para ser utilizado em processos que se desenvolvem em sequência, como por exemplo, em indústrias de pintura, automobilísticas e de eletrodomésticos, quando as águas de lavagem, intermediárias, como decapagem, fosfatização e desengorduramento, são recicladas no próprio processo de lavagem.

6.3 POSSIBILIDADES DE REÚSO NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS

Na indústria de bebidas, existe uma infinidade de possibilidades de reúso de água e efluentes, ou seja, dentro na maioria dos processos envolvidos na produção de refrigerantes, existe a possibilidade de reúso. Algumas ações de recuperação de água são mais simples, como por exemplo, a recuperação de água de contra lavagem dos filtros de carvão e areia, existentes no tratamento de água em indústrias de bebidas. Após a contra lavagem desses filtros, a água recuperada, pode ser enviada para uma cisterna de recuperação, onde numa próxima etapa, pode passar por todo sistema de tratamento por múltiplas barreiras novamente. Essa situação de reúso torna-se uma prática muito comum em indústrias de bebidas. Outras possibilidades de reúso de água e efluente podem ser descritas aqui como:

- Geração de vapor em caldeiras industriais;
- Lavagem de veículos, como por exemplo, lavagem da frota própria de caminhões;
- Rega de jardim;
- Limpeza de pisos e paredes;
- Reúso em equipamentos de processo;
- Sistemas de refrigeração.

Deve-se salientar que o reúso de água e efluente para a geração de vapor deve seguir alguns parâmetros básicos de qualidade, já que a dureza encontrada na água pode causar incrustações e danificar equipamentos.

Outro problema que deve ser evitado durante a prática de reúso é a corrosão dos equipamentos dos processos internos, problema esse, diretamente ligado ao pH e à alcalinidade da água.

Uma das maiores preocupações no caso do reúso do efluente tratado é o acúmulo de concentrações de alguns contaminantes específicos, que podem reduzir significativamente o potencial de reúso, como por exemplo, o acúmulo de sólidos totais dissolvidos, que inviabiliza a reutilização desse efluente para fins mais nobres.

Segundo Mancuso e Santos (2003), devido à possível presença de microorganismos, metais pesados gerados pelos produtos de limpeza e lubrificação de linhas e esteiras transportadoras, compostos orgânicos dentre outros parâmetros, o reúso potável de efluentes, para a fabricação de bebidas, por exemplo, ainda apresenta riscos à saúde do consumidor, além de existir custos muito elevados com o sistema de tratamento avançado, que possa ser empregado para esse fim.

Na sequência deste trabalho serão estudadas as possibilidades de reúso não potável de água e efluentes na indústria de bebidas que são objetos deste estudo.

6.4 EXPERIÊNCIAS DE REÚSO NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS

O artigo “Produção Mais Limpa no Estado de São Paulo”, que foi publicado pela CETESB em outubro do ano de 2003, analisou o reúso de água da filial de uma indústria de bebidas que mantém a produção de cerveja, *chopp*, isotônicos e água mineral.

Essa indústria está situada em uma região que estava atravessando um intenso crescimento populacional e industrial, apresentando, conseqüentemente, níveis críticos de abastecimento de água principalmente nos tempos de estiagem. (CETESB, 2003).

O mesmo artigo cita que durante o processo de fabricação de bebidas, existe um elevado consumo de água, em função de processos como a limpeza de

equipamentos, geração de vapor e a pasteurização, para que se mantenha a qualidade do produto final.

Foi analisado o indicador de consumo médio de água dessa indústria, e se percebeu que antes do ano 2000, essa unidade apresentava um consumo médio de 7,20 litros de água por litro de bebida produzida, valor esse, considerado muito superior à media de consumo das outras unidades do mesmo grupo.

O grande consumo de água apresentado pelo processo industrial, juntamente com a escassez de água na região, fizeram com que a indústria criasse um grupo de trabalho composto por colaboradores de diferentes setores, a fim de monitorar e reduzir o consumo de água médio apresentado na unidade.

Para a fase de monitoramento, foram instalados nas linhas de produção, vários medidores de vazão, devidamente calibrados. Após a fase de monitoramento e avaliação, foram implementadas algumas ações como a redução do volume de água de limpeza dos equipamentos, garantindo, porém, as condições de assepsia dos mesmos. Foi estabelecido nesse trabalho, o reúso das águas de descarte do pasteurizador, que foram segregadas e armazenadas para posterior limpeza de pisos e foram eliminados vazamentos nos equipamentos, mantendo um cronograma de inspeção e manutenção nos dutos, registros e válvulas.

Foi realizada a recuperação das águas de lavagens dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA) e estabelecido o reúso dos produtos de limpeza em até 30 vezes, assegurando, porém, a qualidade e ação da desinfecção desses produtos.

Estabeleceu-se também um programa de treinamento e conscientização dos funcionários, para inserir o conceito de uso racional da água. Em torno de 60 % das torneiras destinadas à irrigação dos jardins foram eliminadas. No final dessa força tarefa, o investimento total realizado pela indústria foi de: R\$ 97.500,00.

Os resultados obtidos foram logo observados, tais como a redução do indicador de consumo de água que inicialmente era de 7,20 litros para 5,89 litros de água/litros de bebida produzidos no ano de 2002, economizando cerca de 1,3 litros de água/litros de bebida produzidos.

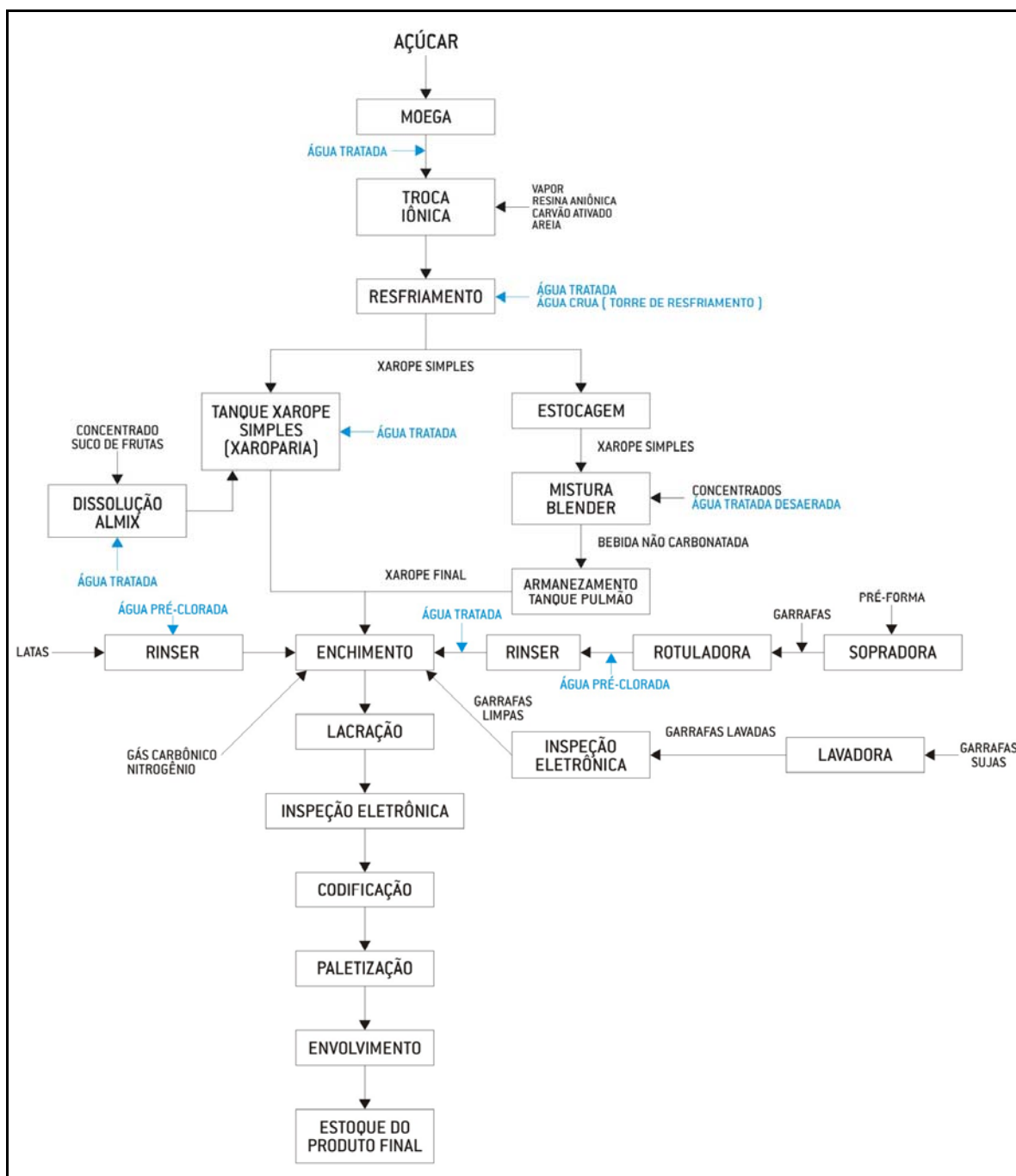
Considerando um consumo de 200 litros de água/habitante por dia, calculou-se que a economia desse trabalho representou 650.000 metros cúbicos (m³) de água/ano que não foi captada do rio Jaguari, suficiente para o consumo de uma população de aproximadamente 9.600 habitantes durante um ano.

7 ESTUDO DE CASO: RECUPERAÇÃO DE ÁGUA E EFLUENTE NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.1 VISÃO GERAL DE FABRICAÇÃO DE REFRIGERANTES NA INDÚSTRIA A

A indústria de refrigerantes que é o foco deste estudo, será chamada de Indústria de refrigerantes A, visando a melhor compreensão do trabalho mantendo desta forma, o sigilo dos resultados e informações internas da companhia, sem trazer nenhum tipo de prejuízo para a instituição.

O fluxograma 2 descreve a visão geral do processo da fabricação de refrigerante da Indústria de refrigerantes A, bem como, as entradas de água envolvidas apenas nos processos de fabricação.



FLUXOGRAMA 2 – VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A
FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

A Indústria de refrigerantes A, funciona 24 horas por dia, 360 dias do ano, parando apenas em feriados, na comemoração de Natal, dia do trabalho, Ano Novo e em paradas programadas para manutenção das linhas de produção. A empresa trabalha em turno dito “alemão”, ou seja, o colaborador que trabalha na fábrica tem

jornada de trabalho de 12 horas e descansa 36 horas seguidas, com exceção dos trabalhadores que realizam serviços de escritório, esses trabalham em horário comercial.

Essa indústria possui três linhas de produção de refrigerantes, uma linha de chá matte e uma linha chamada de bib (bag-in-box), que significam ‘bolsas’ na caixa, que nada mais é do que o concentrado utilizado na fabricação de refrigerantes, o qual é utilizado nas máquinas de post-mix.

Dessas três linhas citadas, a primeira é chamada linha de pet, pois produz refrigerantes em garrafas pet (politereftalato de etileno). A segunda linha é denominada linha mista ou linha de vidro, que produz refrigerantes em garrafas de vidro de 1 litro ou em garrafas de 290 mL. A terceira linha é denominada linha de latas, pois produz refrigerantes em latas de 350 mL, conforme se costuma consumir aqui no Brasil.

As matérias primas principais para a fabricação de refrigerantes são a água, o açúcar, concentrado, suco de fruta, acidulantes e corantes. Os insumos são as pré-formas de garrafas pet, garrafas plásticas tipo pet, garrafas de vidro, latas, tampas plásticas, metálicas e de alumínio. Pode-se citar também como insumos as tampas metálicas de chá matte e os copos plásticos de chá matte. Alguns materiais auxiliares também fazem parte dos insumos, como a soda cáustica utilizada para lavagem das garrafas, o nitrogênio líquido utilizado para contra pressão nas latas, os aditivos químicos para a lavagem das garrafas, lubrificantes de esteiras e o hipoclorito de sódio, utilizado para a desinfecção.

As etapas da produção na Indústria de refrigerantes A que serão descritas neste trabalho são: preparo de xarope simples, preparo do xarope final, em seguida a fabricação, propriamente dita, de refrigerantes, o preparo de vasilhames, o empacotamento e o desenvolvimento das operações auxiliares.

7.1.1 Preparo do Xarope Simples

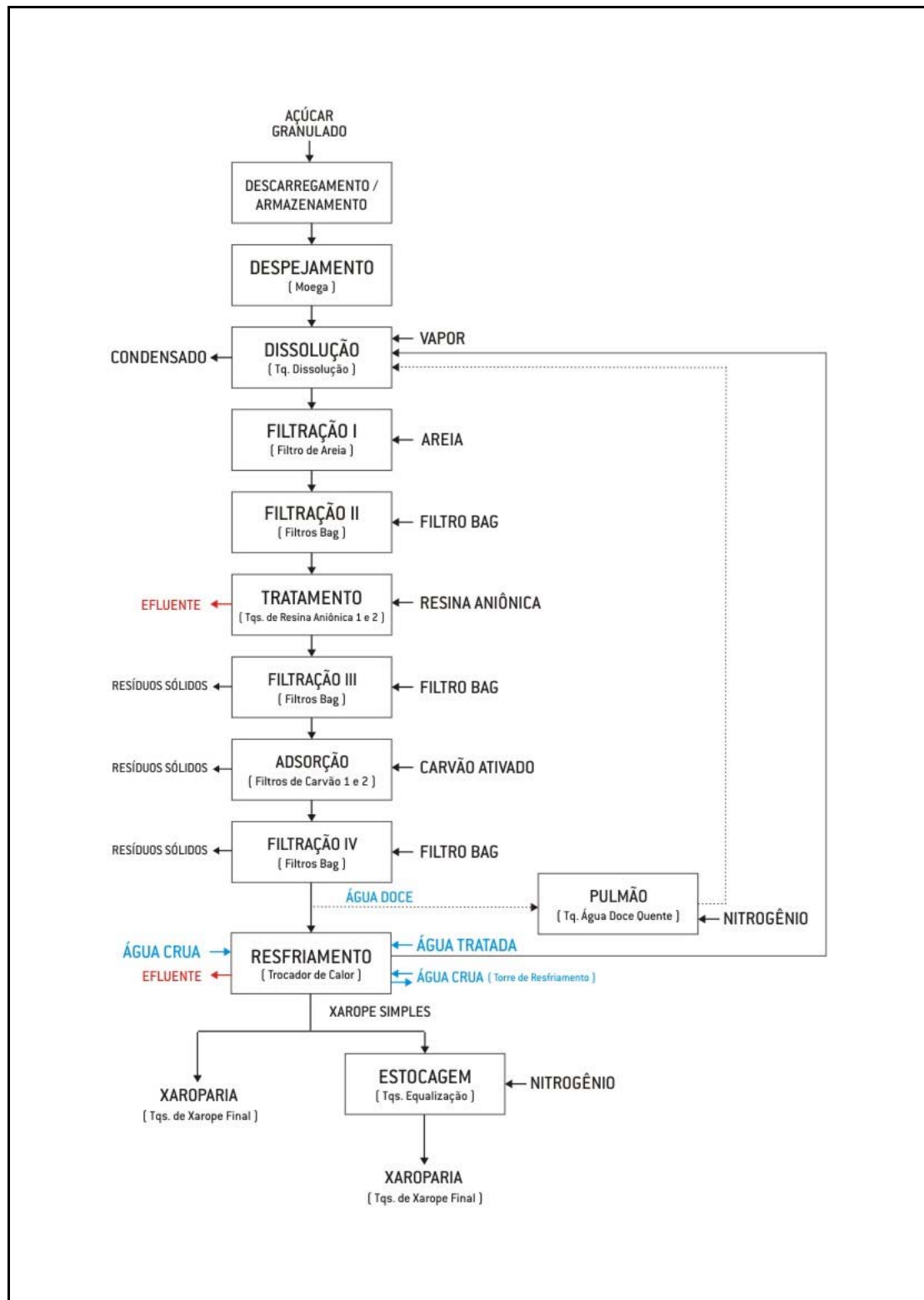
A produção de xarope simples inicia-se na entrega e descarregamento das cargas de açúcar granulado não refinado na fábrica. O material é armazenado sobre pallets plásticos na sala de açúcar. O açúcar segue para a etapa de dissolução em

água tratada a uma temperatura de aproximadamente 74°C, passando previamente por uma moega.

A solução resultante passa por uma primeira etapa de filtração, que é feita através de um filtro de areia, com o objetivo de reter sujidades e/ou açúcar não dissolvido na etapa anterior. Após a retirada de sujidades, a solução é purificada na etapa de troca iônica, em que os íons indesejados, presentes na solução, são substituídos por cátions contidos no leito da resina aniônica (Na^+).

A solução segue para a etapa de adsorção, passando previamente através de filtros bag, que retiram as sujidades. Na etapa de adsorção, os odores indesejados são retirados através do leito de carvão ativado. A próxima etapa é a passagem da solução por mais um filtro bag para a retirada de sujidades menores que 1 micra, que possam contaminar o xarope e então o resfriamento para posterior armazenagem em tanques de aço inox.

O fluxograma 3 descreve os processos de preparo do xarope simples, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de efluentes.



FLUXOGRAMA 3 – PROCESSOS DE PREPARO DO XAROPE SIMPLES
 FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.1.2 Preparo do Xarope Final

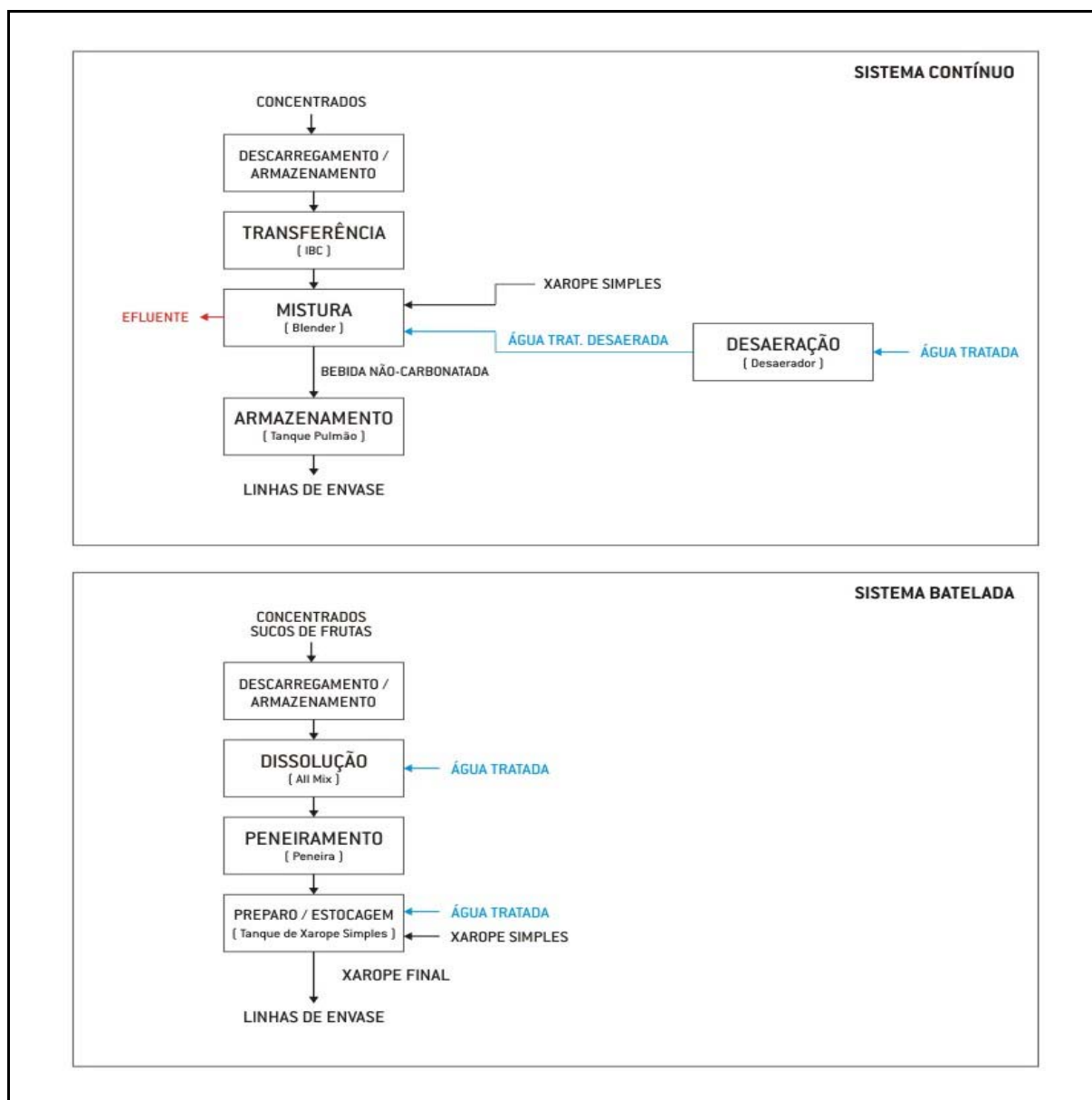
Para a produção de xarope final através do sistema contínuo, as cargas de concentrados são entregues na fábrica em *containers* e ficam armazenados sobre *pallets* na câmara fria.

O concentrado é transferido para o equipamento de mistura através de tubulações de aço inox. Nessa etapa ocorre a mistura do concentrado com água tratada desaerada e o xarope simples, que é transferido dos tanques de armazenamento. O resultado dessa etapa é a bebida não carbonatada, que segue para o armazenamento em tanque de aço inox, denominado tanque pulmão. O objetivo dessa etapa é garantir que não faltará bebida na linha de envase, em caso de falha do equipamento de mistura. Do tanque pulmão, a bebida não carbonatada segue para as linhas de envase, para a produção do refrigerante.

Já para a produção em sistema de batelada, as cargas de suco são entregues na fábrica em tambores metálicos, os concentrados são acondicionados em bombonas, *containers* ou lacrados em sacos plásticos dentro de caixas de papelão. Esses materiais são armazenados em câmara fria ou em temperatura ambiente. Na etapa da dissolução, os concentrados e sucos são dissolvidos em água tratada em um tanque de agitação. Depois, a mistura passa por uma peneira de aço inox, antes de seguir para os tanques de preparo e estocagem.

Nos tanques de preparo e estocagem são adicionados à mistura água tratada e o xarope simples, obtendo-se o xarope final.

O fluxograma 4 descreve os processos de preparo do xarope final, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de efluentes.



FLUXOGRAMA 4 – PROCESSOS DE PREPARO DO XAROPE FINAL
 FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

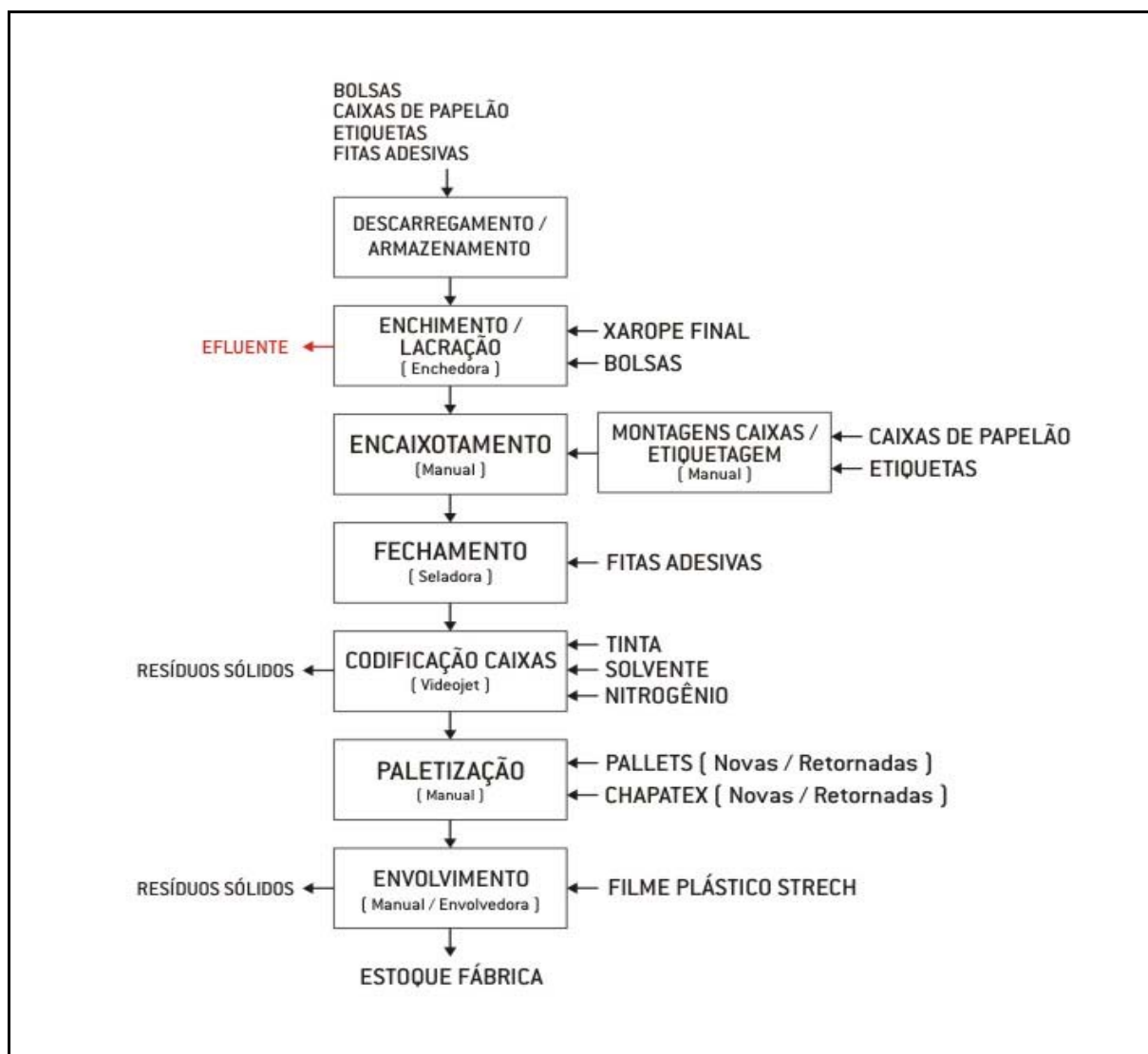
7.1.3 Preparo e Fabricação do *Bag-In-Box*

Para a fabricação dos produtos *bag-in-box* são utilizadas bolsas plásticas dotadas de válvulas, que são fixadas uma a uma nas pinças da enchedora que realizam o envase automaticamente com o xarope final. Quando completa, a bolsa é novamente lacrada pelo próprio equipamento. As bolsas são então colocadas

manualmente pelo operador em caixas de papelão já etiquetadas e então lacradas com fita adesiva. Cada caixa lacrada recebe uma codificação a jato de tinta que permite sua rastreabilidade.

As caixas são empilhadas manualmente sobre *pallets* que são envolvidos em filme plástico e levados para o estoque da fábrica.

O fluxograma 5 descreve os processos de preparo do *bag-in-box*, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de efluentes e de resíduos sólidos.



FLUXOGRAMA 5 – PROCESSOS DE PREPARO DO *BAG-IN-BOX*

FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.1.4 Preparo e Envase das Garrafas Pet

As pré-formas, como são chamados os materiais que darão origem às garrafas pet, são entregues, descarregadas e armazenadas em depósito coberto. As caixas de pré-formas são abertas e transferidas até o basculador com o auxílio de paleteiras manuais. O material é despejado dentro de uma caçamba, automaticamente, através de sistema hidráulico.

As pré-formas são removidas da caçamba através de esteiras taliscadas e transportadas pelo *finish* (bocal) até as sopradoras, onde são aquecidas a uma temperatura de aproximadamente 100°C e sopradas com ar comprimido filtrado contra as paredes dos moldes, adquirindo a forma desejada de garrafa.

Depois de resfriadas e expelidas dos moldes, as garrafas são empurradas pelo *finish* através de um transportador aéreo até as rotuladoras automáticas. As garrafas já rotuladas podem seguir para os silos de estocagem através de esteiras mássicas ou para a linha de envase através de transportador aéreo.

As garrafas armazenadas nos silos são extraídas do seu interior por esteiras com taliscas e fluem pela esteira mássica até o posicionador. Nessa etapa as garrafas provenientes dos silos são posicionadas e encaixadas nos trilhos do transporte aéreo, que as move até a linha de envase.

Durante o envase, ocorre primeiramente o proporcionamento que é a mistura do xarope final e água tratada desaerada. Após o proporcionamento, o produto é pré-carbonatado em linha e passa por um trocador de calor para resfriamento indireto com amônia anidra. O produto já resfriado segue para o armazenamento em um saturador, onde recebe injeção de gás carbônico para completar o processo de carbonatação.

A bebida carbonatada segue para o envase passando por uma peneira para a retirada de qualquer partícula sólida. O armazenamento da bebida já carbonatada filtrada ocorre em um tanque pulmão confeccionado em aço inox. O objetivo dessa etapa é garantir que não faltará bebida na enchedora. Do tanque pulmão, a bebida segue diretamente para a enchedora.

As garrafas pet são transportadas dos silos até a sala de envase e seguem para a rinsagem, cujo objetivo é garantir a remoção de partículas através da injeção de ar filtrado. Imediatamente depois de rinsadas, as garrafas seguem para o

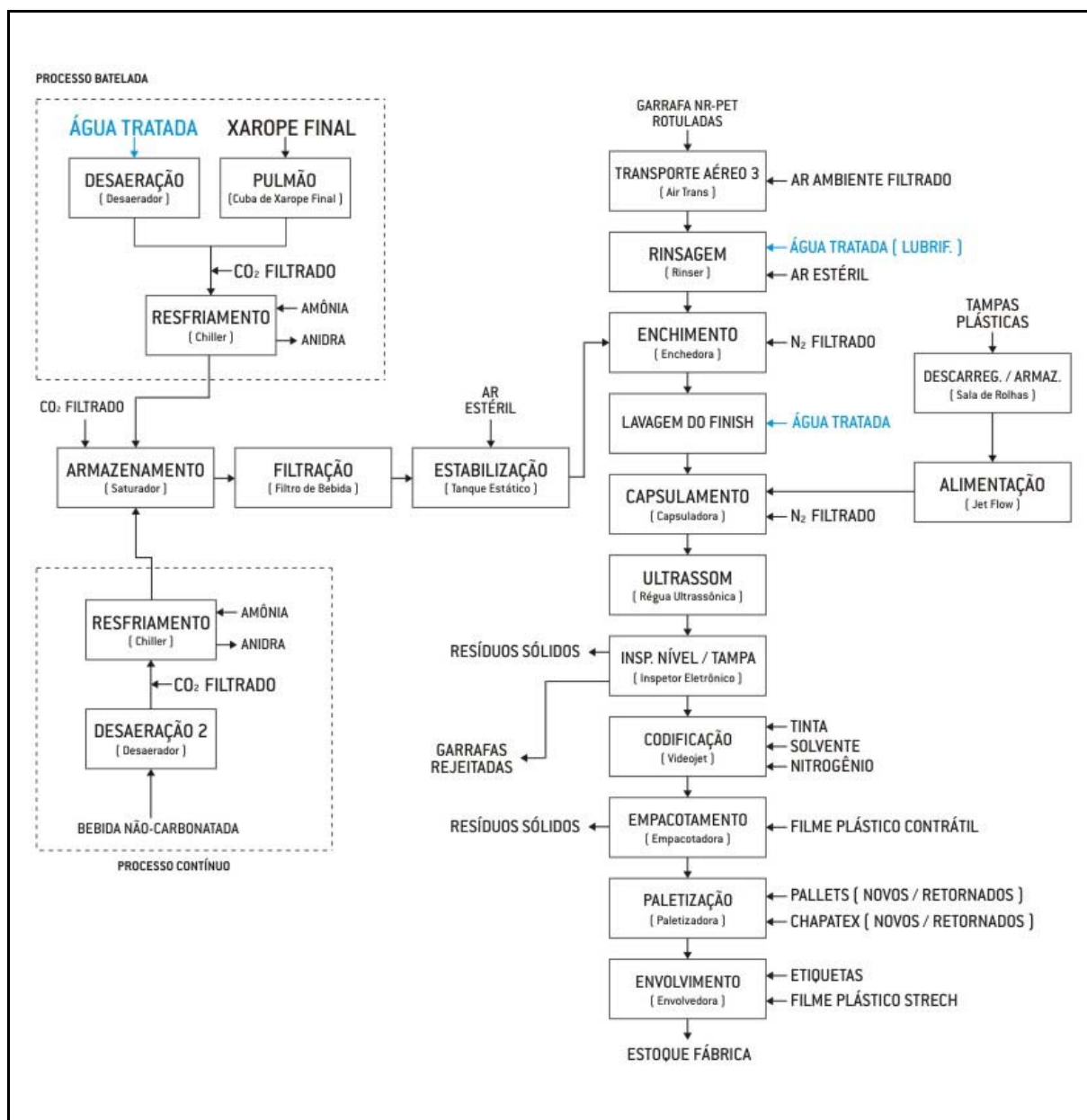
enchimento. Após o enchimento a garrafa recebe jatos de água na parte externa do *finish*, para retirar residual do produto, facilitando o encapsulamento.

As tampas plásticas são descarregadas em tolvas de inox fechadas, onde ficam armazenadas até o momento em que serão transportadas através do transporte pneumático para a tolva da enchedora, na sala de envase.

Depois de cheia, a garrafa imediatamente passa pelo capsulador, onde recebe a tampa plástica e segue para a codificação, passando por uma régua ultrasônica e inspetor de nível, cujo objetivo é verificar se a tampa foi adequadamente aplicada e se há nível baixo de enchimento. As unidades com problema são automaticamente rejeitadas da linha. Cada garrafa recebe uma codificação que permite a sua rastreabilidade.

As garrafas cheias são transferidas via esteiras transportadoras para o empacotamento, onde são envolvidas por um filme plástico contrátil. As embalagens seguem para a paletização automática e, depois de formado, o *pallet* é envolvido por um filme plástico. Os *pallets* são transferidos por paleteiras para o estoque de produto acabado.

O fluxograma 6 descreve os processos de preparo e envase das garrafas pet, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de resíduos sólidos.



FLUXOGRAMA 6 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS GARRAFAS PET

FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.1.5 Preparo e Envase das Latas

O xarope final é levado através de tubulações de aço inox até a sala de envase. Na etapa de proporcionamento ocorre a dosagem de xarope final e água tratada desaerada. O produto resultante é resfriado indiretamente por amônia anidra

em um trocador de calor e segue para o *saturador*, onde o gás carbônico é injetado na mistura. Esta etapa é chamada de carbonatação.

A bebida carbonatada passa por uma etapa de filtração para a retirada de qualquer partícula sólida, tal como polpa de fruta. Após a filtração, a bebida carbonatada segue para a enchedora, onde as latas de alumínio serão envasadas.

As latas vazias e tampas são entregues e estocadas na fábrica em local coberto e fechado.

A despaletização é executada automaticamente e a transferência das latas até a sala de envase é realizada por esteiras e transportadores tipo teleférico. As latas seguem para uma estação de enxágue com água clorada cujo objetivo é garantir a sanitização das mesmas.

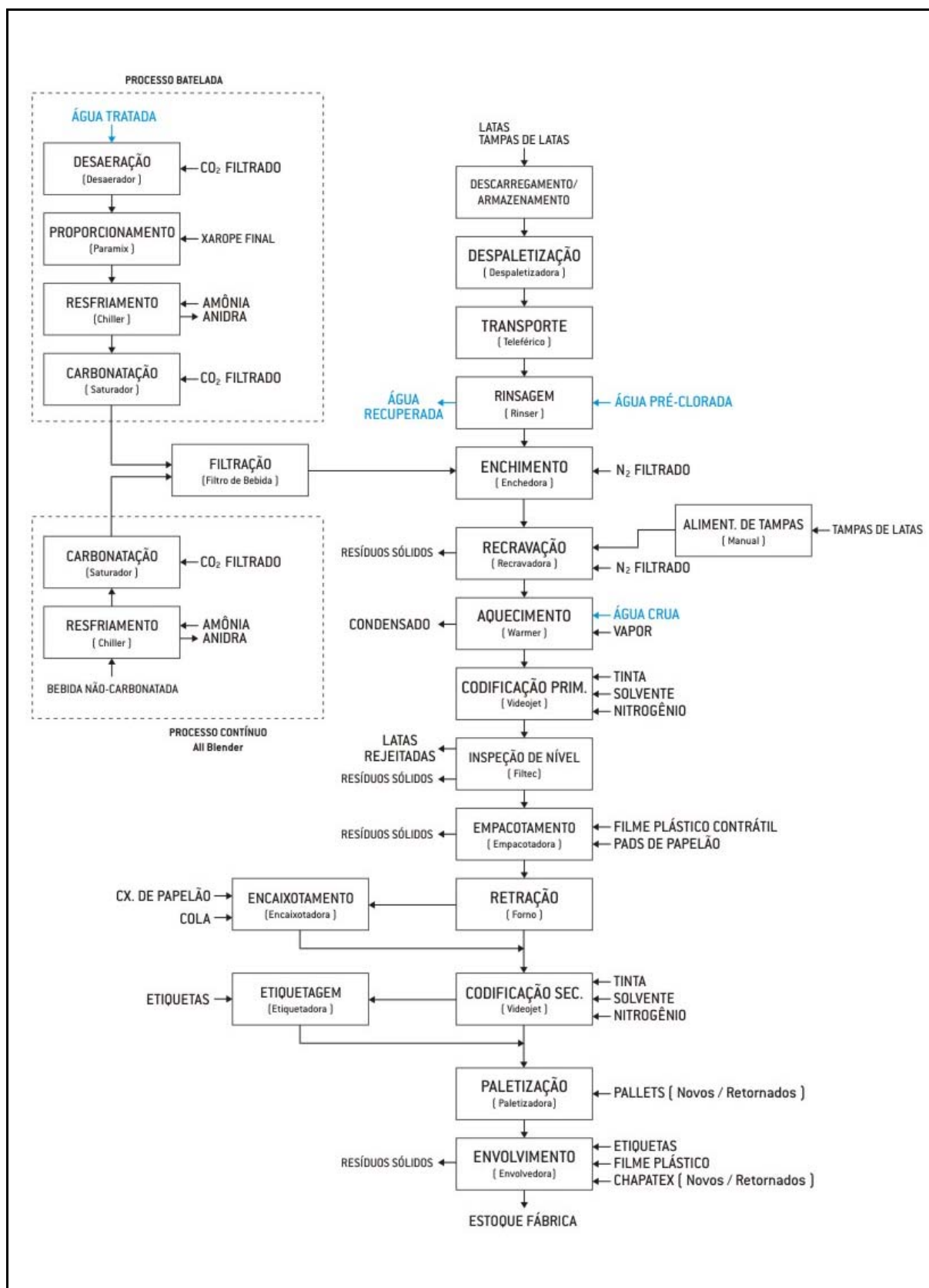
Deixando a estação de *rinser*, as latas seguem para o processo de envase.

Após o enchimento, as latas são imediatamente tampadas e recravadas e seguem para um banho de água quente em um equipamento denominado *warmer* (aquecedor), numa temperatura de 40°C, cujo objetivo consiste em aumentar a temperatura da bebida, evitando a condensação normalmente provocada pela baixa temperatura do produto no enchimento e evidenciar algum vazamento devido à falha na recravação. As latas seguem então para a codificação e posterior passagem pelo inspetor de nível. Uma vez inspecionado, o produto segue para empacotadora que acondiciona grupos de 24 latas em pacotes de filme plástico contrátil. O produto envolvido pelo filme segue até o forno para retração onde o plástico se molda à superfície do grupo de produtos.

Depois de empacotadas as embalagens são acondicionadas em caixa de papelão na encaixotadora. As caixas recebem uma codificação secundária na sua base inferior, que identifica o prazo de validade. Quando solicitado pelo cliente as caixas são também etiquetadas com código de barras.

As caixas de latas são colocadas em *pallets* e esses são envolvidos em filme plástico e seguem para o armazenamento.

O fluxograma 7 descreve os processos de preparo e envase de latas, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de resíduos sólidos.



FLUXOGRAMA 7 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS LATAS

FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.1.6 Preparo e Envase das Garrafas de Vidro

Diariamente, os vasilhames de vidro são recolhidos do mercado em caixas plásticas próprias para o seu acondicionamento. As cargas são descarregadas no estoque de embalagens vazias da fábrica, agrupadas sobre *pallets*. Os vasilhames novos chegam na empresa e vão diretamente para o setor de reciclagem, onde serão descarregados e posteriormente paletizados.

Durante a produção, as caixas plásticas são retiradas dos *pallets* automaticamente através da despaletizadora e colocadas em uma esteira. As caixas com os vasilhames seguem pela linha de produção passando por um extrator de canudos para a retirada desse material através de vácuo. Após a remoção dos canudos, seguem por esteiras até a área de desencaixotamento, onde os vasilhames são levantados por tulipas pressurizadas e colocados sobre uma esteira paralela à das caixas.

Os vasilhames seguem para a lavadora de garrafas, passando por primeiro por uma estação de inspeção visual, onde operadores treinados retiram aqueles que apresentam características fora do padrão de qualidade. As caixas plásticas seguem para a lavadora de caixas, onde recebem jatos de água pré-clorada para limpeza externa e interna.

Os vasilhames selecionados seguem via transportadores para a lavadora e aos poucos vão sendo introduzidos no equipamento com auxílio de guias. A lavadora possui no seu interior tanques independentes, contendo solução alcalina aditivada à quente. As temperaturas dos banhos e o tempo de imersão são permanentemente controlados. Após a passagem pelos tanques de lavagem, os vasilhames passam por jatos de água tratada e clorada para seu enxágue.

Depois de lavados, os vasilhames retornam para a linha de produção, passando por uma segunda estação de inspeção visual para a retirada daqueles mal lavados ou com resíduo cáustico da lavadora. Seguem então, para a inspeção eletrônica, em que são avaliados por um feixe de luz e os impróprios para uso são rejeitados automaticamente para fora da linha, retornando para a lavadora de garrafas.

Na etapa do proporcionamento, é realizada a dosagem e mistura da água desaerada e do xarope final. Após o proporcionamento, o produto passa por um trocador de calor onde troca calor indiretamente com amônia anidra, sendo resfriado. Na próxima etapa, a carbonatação, o gás carbônico é injetado na bebida. Após carbonatada, a bebida passa por uma peneira para retirada de partículas sólidas e segue para a enchedora.

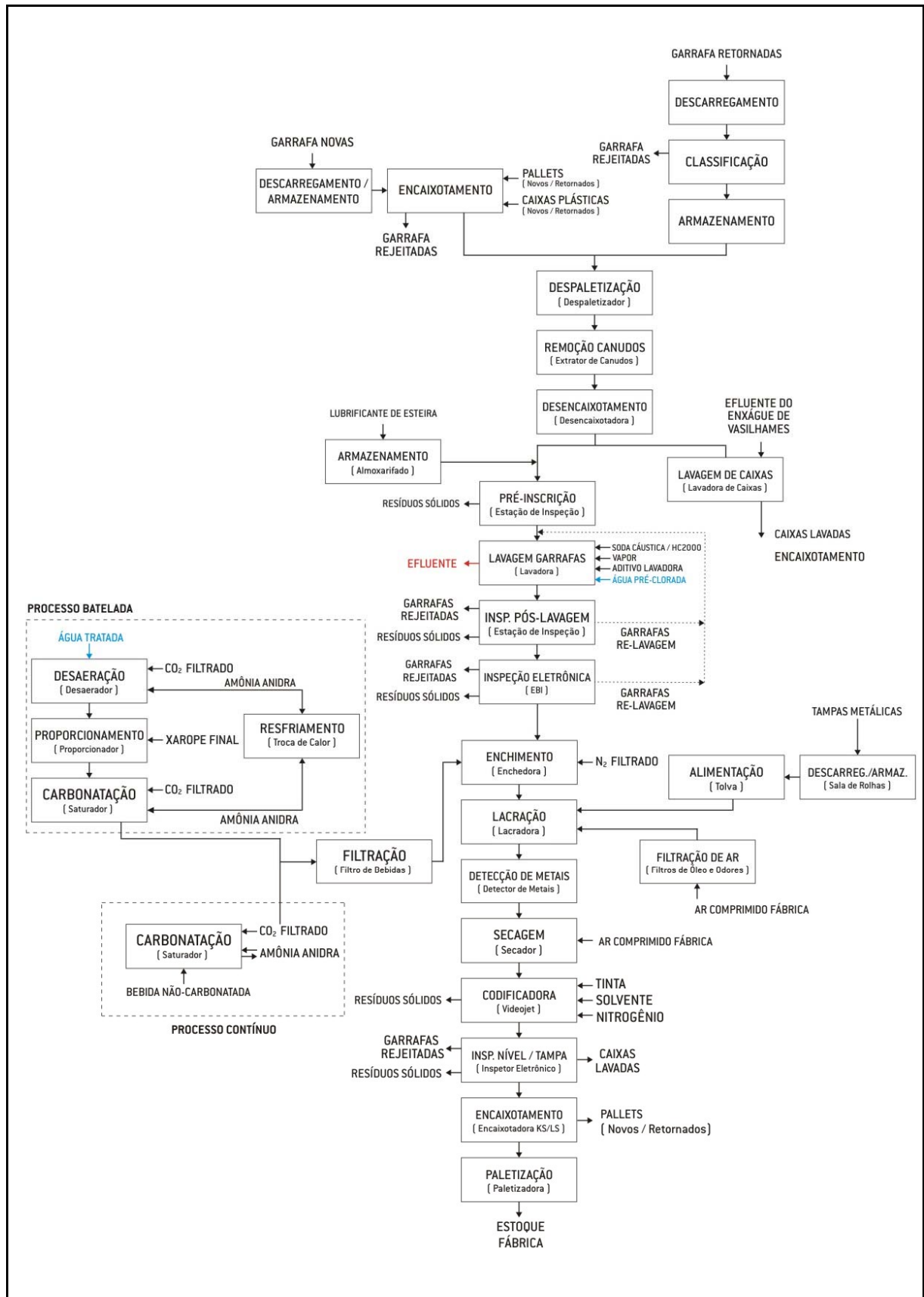
Os vasilhames adequados para o envase seguem continuamente até a enchedora, onde cilindros elevam cada unidade até que a respectiva válvula de enchimento seja acionada.

Imediatamente depois de envasados, os vasilhames recebem a tampa metálica no lacrador. As tampas metálicas são alimentadas de forma manual pelo operador na tolva do lacrador.

A próxima etapa consiste na passagem dos vasilhames lacrados por um detector de metal. Os vasilhames são então secos por um jato de ar direcionado lateralmente e codificados. Cada vasilhame passa pelo inspetor eletrônico e régua ultrassônica, cujas finalidades são rejeitar os produtos com enchimento irregular e verificar se as tampas estão lacradas adequadamente.

Os vasilhames seguem para o encaixotamento, passando por uma estação de inspeção visual, onde os produtos com qualquer anomalia são retirados da linha de produção pelos operadores. No encaixotamento as caixas plásticas que saíram da lavadora já estão alinhadas em um sistema de pressão, em que as tulipas aderem às garrafas levantando-as e inserindo as mesmas dentro das caixas. Essas seguem então para a paletização, que é executada automaticamente, agrupando as caixas no *pallet* de madeira. Os pallets são então levados para a área de armazenamento.

O fluxograma 8 descreve os processos de preparo e envase das garrafas retornáveis, mostrando nesses processos a utilização de água e a geração de efluentes e de resíduos sólidos.



FLUXOGRAMA 8 – PROCESSOS DE PREPARO E ENVASE DAS GARRAFAS RETORNÁVEIS
 FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.1.7 Desenvolvimento das Operações Auxiliares

As operações auxiliares mais importantes na Indústria A são: transporte de transferência de produto final, armazenamento, carregamento, preparação da carga mista, transporte para os caminhões, descarregamento e a reembalagem dos produtos. O transporte de transferência é aquele em que o produto final é transferido entre as unidades e é realizado por caminhões inspecionados e fechados.

O produto de fabricação local paletizado e o fabricado por outras unidades é transferido com a utilização de empilhadeiras para o estoque da fábrica. O local do armazenamento é coberto e está inserido no programa de controle de pragas.

O carregamento é feito com a utilização de empilhadeiras através da transferência entre estoque e o caminhão, obedecendo ao sistema FiFo (First In First Out), que em português, significa, o primeiro produto que entra no estoque é o primeiro que sai. O carregamento é feito em local coberto e livre de incidência solar direta e chuva.

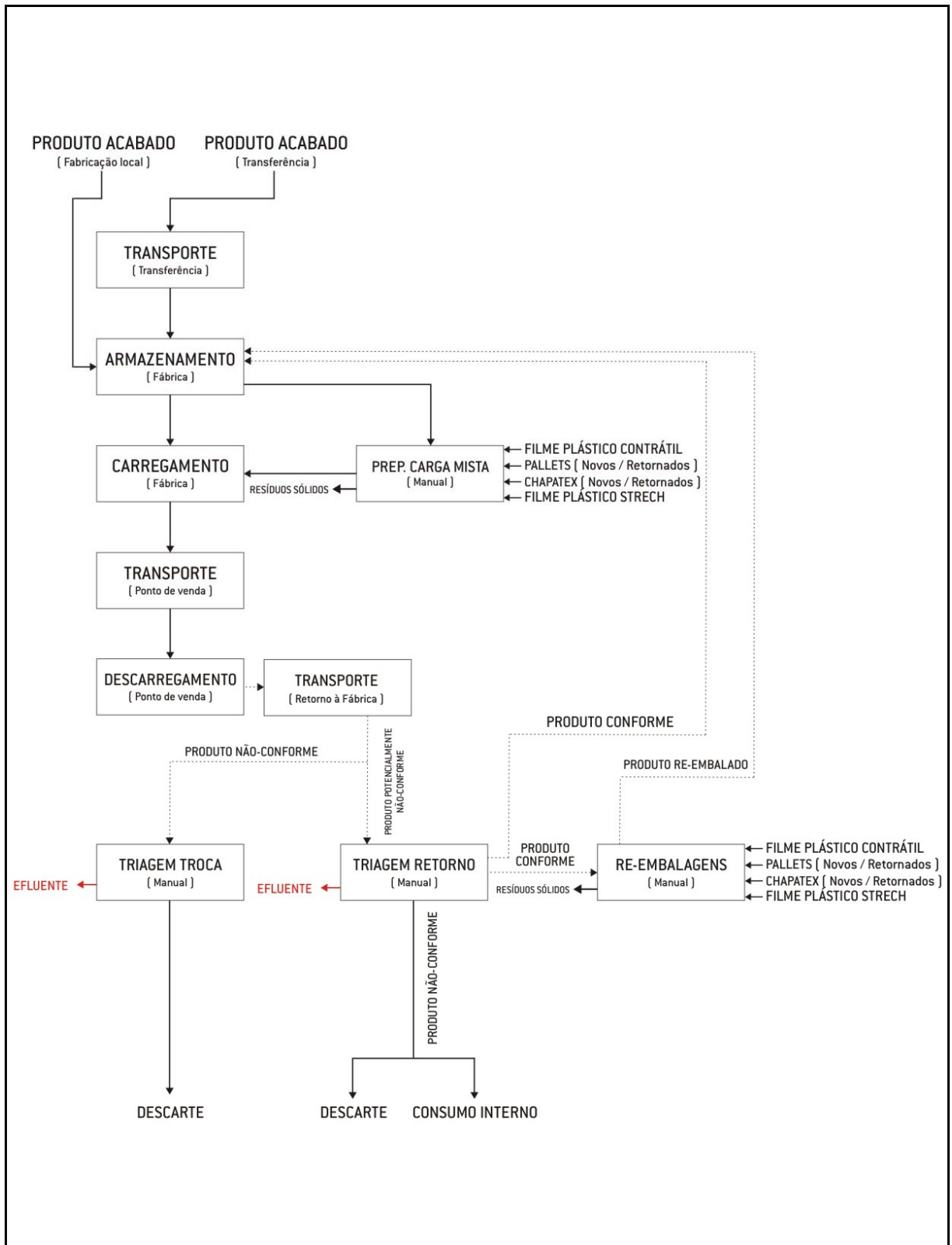
A preparação de carga mista é a montagem de pallets com diversos produtos, para entrega nos pontos de venda. Durante o transporte, a carga já preparada é colocada no caminhão com o auxílio de empilhadeiras. O caminhão carregado segue até o ponto de venda.

A operação de descarregamento é feita com carrinho, empilhadeira ou paleta elétrica. A utilização do instrumento depende exclusivamente do tamanho da carga a ser descarregada.

A triagem é realizada, quando o motorista retorna da rota com os produtos intactos, os mesmos são direcionados para área de triagem da remessa, onde os funcionários treinados irão realizar a triagem dos produtos selecionando os que deverão ser descartados ou reembalados.

Quando o motorista retorna da rota com produtos, ditos potencialmente não conformes, os mesmos são encaminhado para área de triagem (inspetoria), onde são analisados e, caso seja necessário, são descartados para serem vazados no setor de reciclagem e tratados na estação de tratamento de efluentes da indústria.

O fluxograma 9 descreve o desenvolvimento das operações auxiliares, mostrando nesses processos a geração de efluentes.



FLUXOGRAMA 9 – DESENVOLVIMENTO DAS OPERAÇÕES AUXILIARES
 FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.2 TRATAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

Conforme apresentado no fluxograma 10, a captação de água na indústria estudada é medida de duas formas. A primeira via captação superficial da água fornecida pela concessionária pública e a segunda via captação através de poços artesianos. No total, são dez poços artesianos localizados nos limites da empresa visando à captação de água.

No início desse processo, a água bruta, captada da concessionária pública e a água dos poços artesianos são enviadas para uma cisterna de água bruta. Após a mistura das águas nessa cisterna, a água através de bombeamento é enviada para dois flocluladores, com capacidade de 35 m³/h no caso do floclulador 1 e 40 m³/h no caso do floclulador 2 que possui maior capacidade.

Na entrada do floclulador, é realizada a cloração, em que a água recebe de 6 a 8 mg/L, de hipoclorito de cálcio, para a desinfecção da água, a fim de destruir microorganismos patogênicos que possam transmitir doenças. As bactérias, algas e matéria orgânica que possam existir na água são oxidadas e destruídas pelo cloro. Na etapa da floclulação, é adicionada a barrilha que serve para a correção do pH da água. Logo em seguida, é adicionado ao processo o policloreto de alumínio que possui como função agregar as partículas do produto químico e as partículas das impurezas da água através de diferença de cargas.

Essas partículas gelatinosas agrupam-se para formar um floco e agregam qualquer matéria estranha, tornando-a insolúvel. Na medida em que os flocos tornam-se partículas pesadas, começa a sedimentação, onde há o arraste de todo material estranho para o fundo do floclulador. A formação de flocos ajuda a remover as partículas pequenas e leves e, na ausência de coagulação, seriam levadas através do sistema de água para o produto final.

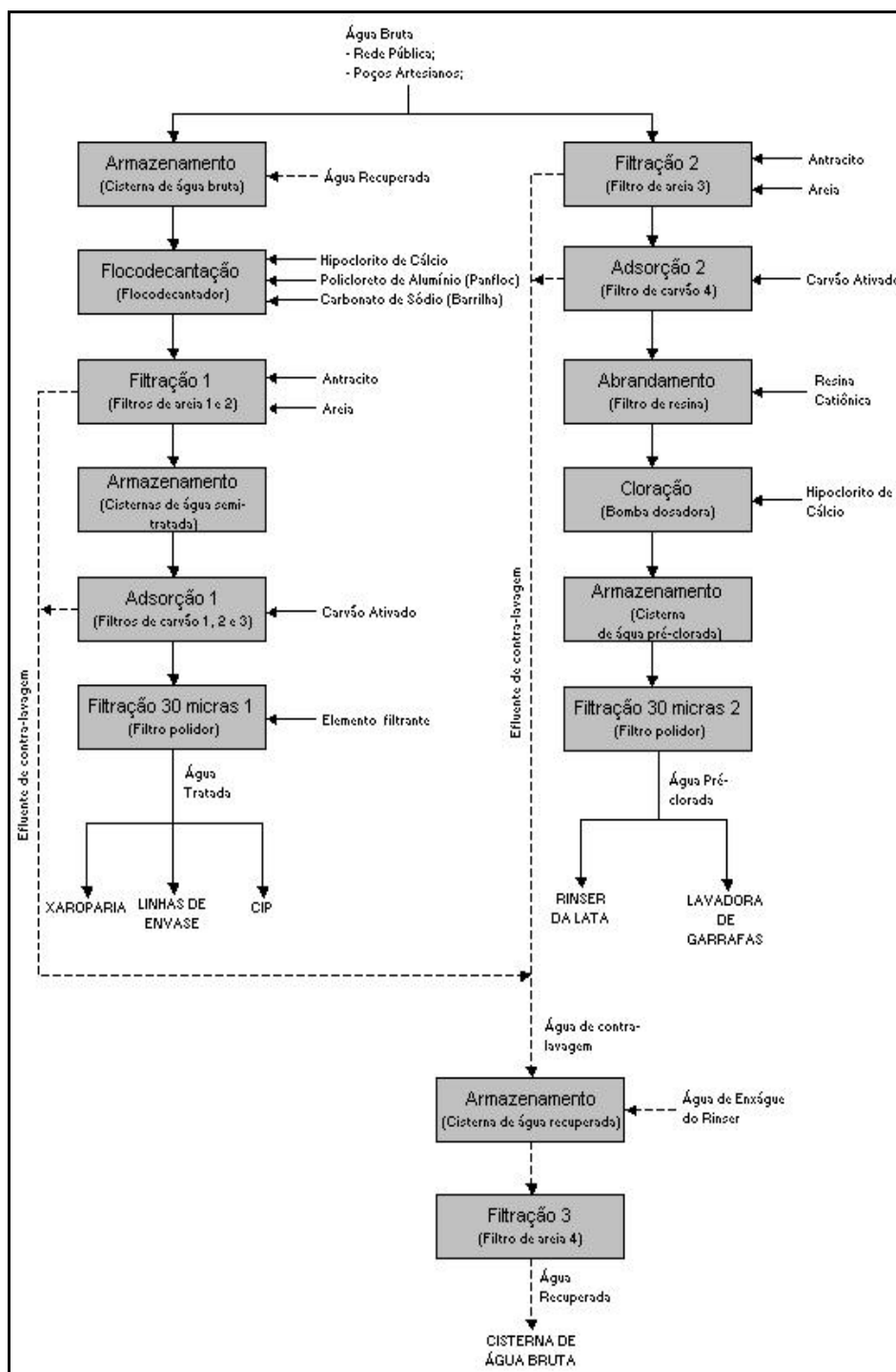
A água clarificada, que sai por cima do floclulador, é enviada para um filtro de areia, que serve para remover a pequena parcela de material suspenso na água que ainda restou do processo anterior. Esse filtro é colocado propositalmente depois do tanque floclulador, pois serve para remover qualquer floco que seja leve demais para se assentar durante o processo de floclulação. Após o filtro de areia, a água é armazenada em uma cisterna de água semi-tratada, dessa cisterna, a água é bombeada para um filtro de carvão, cuja função é remover o cloro e as substâncias

que produzam gosto e odor. O filtro de carvão passa por processos de contralavagem, para limpar o leito de carvão, além de realizar a esterilização por vapor ou água quente a fim de eliminar qualquer tipo de microorganismo que possa se formar nessa etapa. Após passar pelo filtro de carvão, a água já tratada é enviada para um filtro polidor e na sequência para as linhas de produção.

Em uma outra entrada de água, a água é captada da concessionária pública, passa pelo filtro de areia para retenção dos sólidos. Após essa etapa a água passa por um filtro de carvão para a retirada de cloro e em seguida por uma coluna que contém resina catiônica, cuja função é o abrandamento da água ou seja, retira-se da água os íons cálcio (Ca^{2+}) e íons magnésio (Mg^{2+}) que são os íons que causam a dureza da água e esses são substituídos por íons de sódio (Na^+), para que não haja prejuízo na eficiência e funcionamento dos equipamentos, onde esta água será utilizada. A resina encontrada na coluna de abrandamento é regenerada com solução de cloreto de sódio. Essa coluna também é retrolavada, a fim de eliminar o residual de solução salina.

Após essa etapa, a água é clorada e armazenada em uma cisterna chamada cisterna de água pré-clorada. Após esse armazenamento a água pré-clorada passa por um filtro polidor, a fim de se retirar as últimas impurezas e é enviada para atender o consumo do *rinser* (lavador) da linha de latas e da lavadora de garrafas de vidro.

Existe ainda a água que é recuperada da contralavagem do filtro de areia e de carvão e do *rinser* (lavador) da linha de latas que é enviada para a cisterna de água recuperada. Depois de armazenada, essa água passa por um filtro de areia e volta para a cisterna de água bruta, para que a mesma possa passar por todo o processo de tratamento novamente.



FLUXOGRAMA 10 – PROCESSO COMPLETO DE TRATAMENTO DE ÁGUA UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A
FONTE: PROCEDIMENTOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.2.1 Caracterização das Águas

A caracterização das águas que são encontradas e utilizadas na Indústria de refrigerantes A são:

- Água bruta;
- Água recuperada;
- Água tratada;
- Água de processo.

7.2.1.1 Água Bruta

Em relação à água bruta, devem ser observados uma gama de resultados dos parâmetros, que são estabelecidos anualmente pela Indústria de refrigerantes A, tendo a coleta da água e a análise, propriamente dita, realizada por laboratório externo credenciado pela Indústria de refrigerantes A e pelos órgãos certificadores brasileiros. É interessante salientar que todos os parâmetros analisados para água bruta são parâmetros ditos de referência, ou seja, não é necessária a comparação dos resultados desses parâmetros com nenhum parâmetro da legislação atual vigente, já que esse tipo de água ainda passará por todo o sistema de tratamento de água, antes de ser enviada para as linhas de produção.

Além dessas análises anuais, são realizadas algumas análises a cada 4 horas, cujo objetivo é avaliar a qualidade da água bruta, que ainda terá que passar por todo o sistema de tratamento de água. Esses parâmetros avaliados nos testes pelos técnicos especializados que trabalham no setor de tratamento de água na Indústria de refrigerantes A, são:

- Aparência;
- Odor;
- Alcalinidade P;
- Alcalinidade M;

- Sólidos totais dissolvidos (STD);
- pH;
- Turbidez.

Os valores desses parâmetros referentes à água bruta, no ano de 2009 (janeiro a dezembro) e de 2010 (janeiro a julho), são encontrados na tabela 4.

Os parâmetros analisados na tabela 4 são parâmetros ditos de referência, e, por isso, não possuem comparação com limites máximos permitidos por legislação.

TABELA 4 – RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA COLETADA NO ANO DE 2009

Período	Aparência	Odor	Alcalinidade P (mg/L)	STD (mg/L)	Alcalinidade M (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)
Jan	Normal	Normal	0	63	48	7,4	0,4
Fev	Normal	Normal	0	64	46	7,45	0,4
Mar	Normal	Normal	0	71	50	7,39	0,38
Abr	Normal	Normal	0	78	46	7,4	0,275
Mai	Normal	Normal	0	76	49	7,39	0,32
Jun	Normal	Normal	0	84	52	7,435	0,33
Jul	Normal	Normal	0	86	52	7,46	0,35
Ago	Normal	Normal	0	76	49	7,57	0,45
Set	Normal	Normal	0	78	50	7,53	0,4
Out	Normal	Normal	0	73	46	7,35	0,35
Nov	Normal	Normal	0	71	43	7,36	0,37
Dez	Normal	Normal	0	71	52	7,36	0,41
Média Anual	Normal	Normal	0	74,25	48,58	7,42	0,37

FONTE: DADOS INTERNOS OBTIDOS ATRAVÉS DE TESTES LABORATORIAIS REALIZADOS NO SETOR DO TRATAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

Os resultados da tabela 5 são parâmetros de referência, analisados durante o ano de 2010.

Os parâmetros apresentados nas tabelas 4 e 5 possuem as seguintes unidades:

A alcalinidade P (que quer dizer alcalinidade parcial) e da alcalinidade M (alcalinidade total), expressas em miligramas por litro.

A turbidez da água está expressa em *NTU* (unidades nefelométricas de turbidez) quando traduzida para o português.

A unidade de sólidos totais dissolvidos (STD) também encontram-se em miligramas por litro, enquanto que os valores de aparência e odor dependem da percepção de cada técnico especializado do setor de tratamento de água, os quais foram treinados para a realização destas análises.

TABELA 5 – RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA COLETADA NO ANO DE 2010

Período	Aparência	Odor	Alcalinidade P (mg/L)	STD (mg/L)	Alcalinidade M (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)
Jan	Normal	Normal	0	75,3	46,9	7,4	0,4
Fev	Normal	Normal	0	80	47,2	7,4	0,4
Mar	Normal	Normal	0	73,6	43,6	7,4	0,38
Abr	Normal	Normal	0	74,7	46	7,4	0,275
Mai	Normal	Normal	0	73,7	44,6	7,3	0,32
Jun	Normal	Normal	0	74,7	49,8	7,4	0,33
Jul	Normal	Normal	0	71,5	52,3	7,4	0,35
Média nos 7 meses	Normal	Normal	0	74,8	47,2	7,39	0,4

FONTE: DADOS INTERNOS OBTIDOS ATRAVÉS DE TESTES LABORATORIAIS REALIZADOS NO SETOR DO TRATAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.2.1.2 Água Recuperada

Define-se como água recuperada, toda a água reutilizada na indústria, anteriormente a esse trabalho, nos processos de lavagem das latas de refrigerante e processo produtivo e na recuperação realizada nos filtros de carvão e areia.

A lavagem das latas é realizada através de jatos de água provenientes de um equipamento chamado rinser. A tabela 6 descreve a quantidade mensal de água recuperada em litros na indústria de refrigerantes A.

TABELA 6 – RESULTADOS DA QUANTIDADE DE ÁGUA BRUTA RECUPERADA NO ANO DE 2010

Projeto	Volume reutilizado (Litros/mês)	Tipo de água utilizada
Reaproveitamento de água do <i>rinser</i> da lata	3.600.000	Água Bruta
Reaproveitamento de água de contralavagem dos filtros de carvão e areia	4.125.000	Água Bruta
Reaproveitamento de água dos selos das bombas	4.200.000	Água Bruta
Total	11.925.000	

FONTE: PROCEDIMENTOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.2.1.3 Água Tratada

A cada quatro horas, no final do processo de tratamento de água, antes da água ser enviada para as linhas de produção, são realizados os testes de aparência, gosto, odor, cloretos, dureza total, sólidos totais dissolvidos, cloro livre, turbidez, pH, alcalinidade e alumínio.

A tabela 7 indica os dados analisados internamente para água tratada no ano de 2009, comparando os resultados com os limites máximos permitidos. Todos os resultados das médias mensais e da média anual se encontram dentro dos limites estabelecidos.

Os parâmetros gosto, aparência e odor são avaliados de acordo com a percepção dos técnicos que trabalham no setor de tratamento de água, durante os testes laboratoriais.

TABELA 7 – ÁGUA TRATADA COLETADA DEPOIS DO FILTRO DE CARVÃO NO ANO DE 2009

Mês	Aparência (normal)	Gosto (normal)	Odor (ausente)	Cloretos (<250 mg/L)	Dureza Total (<150 mg/L)	S.T. Dissolvidos (<=500mg/L)	Cloro livre (0 mg/L)	Turbidez (<=0,5NTU)	pH (>=4,9)	Alcalinidade M (<=85mg/L)	Alumínio (<0,2mg/L)
JAN	Normal	Normal	Normal	19,6	42	80	0	0,1	7	42	0
FEV	Normal	Normal	Normal	22,2	42	81	0	0,1	7,1	42	0
MAR	Normal	Normal	Normal	22,9	44	96	0	0,1	7	42	0
ABR	Normal	Normal	Normal	18,1	42	93	0	0,1	7,1	38	0
MAI	Normal	Normal	Normal	17,2	44	94	0	0,1	7,1	41	0
JUN	Normal	Normal	Normal	14,6	46	98	0	0,1	7,2	45	0
JUL	Normal	Normal	Normal	15	48	100	0	0,1	7,2	44	0
AGO	Normal	Normal	Normal	15,1	48	94	0	0,1	7,3	40	0
SET	Normal	Normal	Normal	15,1	48	94	0	0,1	7,2	42	0
OUT	Normal	Normal	Normal	15	44	90	0	0,1	7	38	0
NOV	Normal	Normal	Normal	17,1	44	91	0	0,1	7	36	0
DEZ	Normal	Normal	Normal	16,2	44	91	0	0,1	7,1	36	0
MÉDIA	Normal	Normal	Normal	17,3	44,6	91,8	0	0,1	7,1	40,5	0

FONTE: DADOS INTERNOS OBTIDOS ATRAVÉS DE TESTES LABORATORIAIS REALIZADOS NO SETOR DO TRATAMENTO DE ÁGUA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

A tabela 8 indica os dados analisados internamente para água tratada no ano de 2010, comparando os resultados com os limites máximos permitidos. Todos os resultados das médias mensais e da média anual contabilizada até o mês de julho encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

TABELA 8 – ÁGUA TRATADA COLETADA DEPOIS DO FILTRO DE CARVÃO NO ANO DE 2010

Mês	Aparência (normal)	Gosto (normal)	Odor (ausente)	Cloretos (<250 mg/L)	Dureza Total (<150 mg/L)	S.T. Dissolvidos (<=500mg/L)	Cloro livre (0 mg/L)	Turbidez (<=0,5NTU)	pH (>=4,9)	Alcalinidade M (<=85mg/L)	Alumínio (<0,2mg/L)
JAN	Normal	Normal	Normal	14,9	45,6	91,4	0,0	0,1	7,2	42,0	0
FEV	Normal	Normal	Normal	16,2	44,5	92,4	0,0	0,1	7,1	40,0	0
MAR	Normal	Normal	Normal	16,9	43,6	91,8	0,0	0,1	7,1	36,9	0
ABR	Normal	Normal	Normal	35,5	42,4	89,3	0,0	0,1	7,1	37,4	0
MAI	Normal	Normal	Normal	14,4	42,5	90,8	0,0	0,1	7,1	38,8	0
JUN	Normal	Normal	Normal	17,1	47,4	87,2	0,0	0,1	7,1	41,8	0
JUL	Normal	Normal	Normal	14,0	44,8	84,0	0,0	0,1	7,1	42,8	0
MÉDIA	Normal	Normal	Normal	18,4	44,4	89,6	0	0,1	7,1	40,0	0

FONTE: DADOS INTERNOS OBTIDOS ATRAVÉS DE TESTES LABORATORIAIS REALIZADOS NO SETOR DO TRATAMENTO DE ÁGUA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.2.1.4 Águas de Processo

As águas denominadas de processo são descritas neste trabalho, como as águas geradas nos processos e equipamentos industriais.

Sugere-se essa classificação para a água encontrada na lavadora de garrafas, caldeiras industriais, linhas de produção, mais especificamente, nas enchedoras volumétricas, esteiras transportadoras, torres de resfriamento, aquecedor de latas (que é realizado pelo equipamento denominado *warner*) e selos de bombas.

7.3 DEMANDA DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS E POSSIBILIDADES DE REÚSO

Segundo Mierzwa e Hespanhol, (2003), antes da implantação de qualquer estudo de reúso, se faz necessário conhecer as informações da quantidade e qualidade da água captada e do efluente lançado para o meio ambiente. Na tabela 9, verifica-se a quantidade de água em litros, captada dos poços artesianos e da rede da concessionária pública no ano de 2009 de acordo com as necessidades de produção da Indústria.

TABELA 9 – CONSUMO DA ÁGUA CAPTADA NO ANO DE 2009

Mês	Consumo de Água da Rede (Litros)	Consumo de Água dos Poços (Litros)	Total de Água Consumida (Litros)	% Rede	% Poço
Jan	20.429.000	22.978.000	43.407.000	47,06	52,94
Fev	18.824.000	21.139.000	39.963.000	47,10	52,90
Mar	22.248.000	23.600.000	45.848.000	48,53	51,47
Abr	18.424.000	21.868.000	40.292.000	45,73	54,27
Mai	20.712.000	20.158.000	40.870.000	50,68	49,32
Jun	12.342.000	19.417.000	31.759.000	38,86	61,14
Jul	15.355.000	21.277.000	36.632.000	41,92	58,08
Ago	20.298.000	21.751.000	42.049.000	48,27	51,73
Set	18.313.000	20.370.000	38.683.000	47,34	52,66
Out	22.300.000	22.340.000	44.640.000	49,96	50,04
Nov	26.600.000	22.930.000	49.530.000	53,70	46,30
Dez	29.535.000	22.678.000	52.213.000	56,57	43,43
Total 2009	245.380.000	260.506.000	505.886.000	48,50	51,50

FONTE: DADOS INTERNOS RETIRADOS DA MEDIÇÃO DO TOTALIZADOR DE VAZÃO DOS POÇOS E REDE MUNICIPAL NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A – ANO DE 2009

Na tabela 10, é apresentada a quantidade de água em litros, captada dos poços artesianos e da rede da concessionária pública no ano de 2010 até o mês de julho de acordo com as necessidades de produção da Indústria.

TABELA 10 – CONSUMO DA ÁGUA CAPTADA NO ANO DE 2010

Mês	Consumo de Água da Rede (Litros)	Consumo de Água dos Poços (Litros)	Total de Água Consumida (Litros)	% Rede	% Poços
Jan	19.523.000	22.014.000	41.537.000	47,00	53,00
Fev	21.055.000	20.912.000	41.967.000	50,17	49,83
Mar	25.307.000	23.268.000	48.575.000	52,10	47,90
Abr	20.450.000	21.718.000	42.168.000	48,50	51,50
Mai	16.775.000	20.474.000	37.249.000	45,03	54,97
Jun	13.883.000	22.350.000	36.233.000	38,32	61,68
Jul	11.917.000	23.172.000	35.089.000	33,96	66,04
Total 2010	128.910.000	153.908.000	282.818.000	45,58	54,42

FONTE: DADOS INTERNOS RETIRADOS DA MEDIÇÃO DO TOTALIZADOR DE VAZÃO DOS POÇOS E REDE MUNICIPAL NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A - ANO DE 2010

Na tabela 11, é listada a quantidade em litros de refrigerantes produzidos e a quantidade de litros de água consumidos da Indústria de refrigerantes A no ano de 2009. Também foi reportado o índice de água acumulado obtido através da divisão dos valores dos litros de água consumidos pelos litros de bebidas produzidos no ano de 2009.

TABELA 11 – QUANTIDADE DE ÁGUA CONSUMIDA VERSUS VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDO NO ANO DE 2009

Mês	Litros de Água Consumidos	Litros de Bebida Produzidos	Índice de Água (Litros de Água / Litros de Bebida)
Jan	43.407.000	24.242.794	1,79
Fev	39.963.000	21.501.982	1,86
Mar	45.848.000	25.459.338	1,80
Abr	40.292.000	21.612.540	1,86
Mai	40.870.000	22.033.424	1,85
Jun	31.759.000	16.153.402	1,97
Jul	36.632.000	18.293.135	2,00
Ago	42.049.000	22.929.811	1,83
Set	38.683.000	20.780.089	1,86
Out	44.640.000	25.795.323	1,73
Nov	49.530.000	29.453.811	1,68
Dez	52.213.000	31.541.798	1,66
Acumulado 2009	505.886.000	279.797.447	1,81

FONTE: DADOS INTERNOS - ACOMPANHAMENTO METAS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A (2009)

Na tabela 12, é listada a quantidade em litros de refrigerantes produzidos e a quantidade de litros de água consumidos da Indústria de refrigerantes A no ano de 2010. Também foi reportado o índice de água acumulado obtido através da divisão dos valores dos litros de água consumidos pelos litros de bebidas produzidos no ano de 2010.

TABELA 12 – QUANTIDADE DE ÁGUA CONSUMIDA VERSUS VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDO NO ANO DE 2010

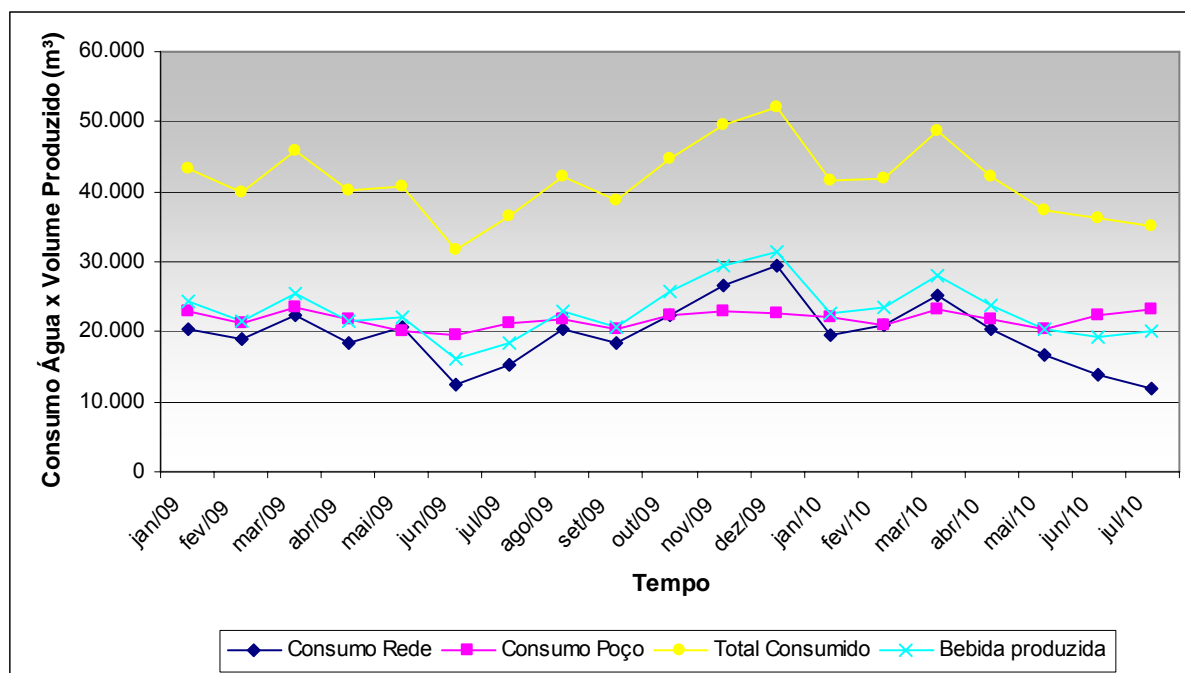
Mês	Litros de Água Consumidos	Litros de Bebida Produzidos	Índice de Água (Litros de Água / Litros de Bebida)
Jan	41.537.000	22.643.472	1,83
Fev	41.967.000	23.485.411	1,79
Mar	48.575.000	28.005.217	1,73
Abr	41.652.000	23.911.660	1,74
Mai	37.249.000	20.356.862	1,83
Jun	36.233.000	19.116.306	1,90
Jul	35.089.000	20.035.652	1,75
Acumulado 2010	282.302.000	157.554.580	1,79

FONTE: DADOS INTERNOS - ACOMPANHAMENTO METAS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A (2010)

Com a descrição completa da qualidade e quantidade de água utilizada pela indústria, pode-se determinar em quais setores e equipamentos da indústria podemos reutilizar a água de processo.

O gráfico 1 mostra o volume de bebida final produzida e o consumo de água de poço artesiano (subterrâneo) e superficial nos anos de 2009 e 2010. Todos os volumes estão apresentados em litros. Nota-se que o volume de bebida produzida está maior em 2010 quando comparado com o ano de 2009.

GRÁFICO 1 – CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA A NOS ANOS DE 2009 E 2010, *VERSUS* O VOLUME DE BEBIDA PRODUZIDA NOS ANOS DE 2009 E 2010



FONTE: DADOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.4 POSSIBILIDADES DE REÚSO

7.4.1 Setor de Produção

7.4.1.1 Limpeza de Pisos e Paredes da Fábrica

A Indústria estudada neste trabalho é caracterizada como indústria de alimentos e possui certificação externa em segurança de alimentos, certos cuidados como a limpeza e organização da fábrica devem ser tomados com uma determinada frequência, a fim de garantir as boas práticas de fabricação e a qualidade e segurança final do alimento, que nesse caso, é representado pelo refrigerante. Assim há um cronograma de limpeza da fábrica descrito abaixo, que foi confeccionado com a participação da empresa externa contratada para a limpeza da fábrica. A tabela 13 mostra que a quantidade de água necessária para essa limpeza de todo setor produtivo é grande, dessa forma foi calculada o consumo semanal

médio das mangueiras disponíveis para a limpeza dos pisos e paredes da fábrica. O tipo de água que era utilizado nesse tipo de limpeza era a água bruta fornecida pela concessionária pública.

TABELA 13 – CRONOGRAMA DE LIMPEZA DA FÁBRICA

Atividades de Limpeza Área de Processo	Quem Faz	Onde se Faz	Quando se Faz
Piso e paredes	Empresa Terceirizada	Área produtiva	Diário
Forro	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	Diário
Treliça	Empresa Terceirizada	Toda a área de treliças	Diário
Portas	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	2 x na semana
Janelas/vidraças	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	2 x na semana
Canaletas	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	Trimestral
Ralos	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	Trimestral
Lixeiras	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	Diário
Pias/suporte de papel	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	Semanal
Sanitários	Empresa Terceirizada	Área produtiva /área seca	2 x ao dia

FONTE: PROCEDIMENTOS INTERNOS PADRONIZADOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.4.1.2 Lavadora de Garrafas

A lavadora de garrafas na Indústria de refrigerantes A tem capacidade de lavar 31.200 garrafas por hora com tamanho de 1 litro cada garrafa. Foi instalado um hidrômetro, na entrada da lavadora de garrafas para avaliar o consumo de água, quando a mesma trabalha com sua capacidade máxima de lavagem. A água utilizada na lavadora de garrafas é a água dita abrandada, ou seja, que passa pelo abrandador instalado no setor de tratamento de água e que possui a finalidade de retirar os íons cálcio e magnésio da água, pois estes são responsáveis pela dureza da água e podem causar incrustações e entupimentos nos bicos de lavagem da lavadora de garrafas.

7.4.1.3 Lavadora de Caixas

A lavadora de caixas tem a capacidade de lavar 748 caixas/hora para lavar caixas de garrafas de 290 mL e 442 caixas/hora para lavar caixas de garrafas com tamanho de 1 litro. Esse equipamento possui dois esguichos de lavagem voltados para a posição vertical e três esguichos voltados para a posição horizontal. A água utilizada na lavadora de caixas é a mesma que é utilizada no último tanque da lavadora de garrafas.

7.4.1.4 Caldeiras Industriais

As caldeiras são equipamentos industriais utilizados para a produção de vapor e para promover a troca de calor e o derretimento de açúcar no setor da xaroparia. Existem duas caldeiras produtoras de vapor, na Indústria de refrigerantes A, denominadas ATA 18 e ATA 22.

Como o que interessa para este trabalho é a quantidade de água utilizada pelas caldeiras, a vazão de entrada das caldeiras modelo ATA 18 e 22 foi calculada com auxílio de balde graduado e cronômetro. A água utilizada nestes equipamentos é a água abrandada utilizada na lavadora de garrafas.

7.4.2 Setores Externos

7.4.2.1 Torres de Resfriamento da ETA

Existem na empresa oito torres de resfriamento via ventilação, sendo duas torres na região do sopro de garrafas e seis torres na região do tratamento de água. O acionamento de cada torre é feito através da pressão do sistema de amônia (já que a Indústria A utiliza como líquido refrigerante a amônia), a função das torres é baixar a temperatura para que a amônia passe do estado gasoso para o estado líquido, portanto conforme a pressão da linha de amônia as torres são acionadas em cascata.

Por uma questão de prioridade de investimento e decisão interna a vazão média de consumo de água das torres de resfriamento não foi medida, já que as mesmas não eram objeto de estudo deste trabalho.

7.4.2.2 Lavagem de Veículos

Atualmente, a frota da Indústria de refrigerantes A, conta com 120 caminhões próprios e 40 carros, de forma que cada carro é lavado uma vez por semana e cada caminhão é lavado uma vez por mês.

Foi realizado o levantamento da vazão durante uma semana, através de um hidrômetro, do total de água utilizado pelo setor de lavagem de veículos e de reciclagem.

A água utilizada para a lavagem de carros e caminhões é fornecida pela concessionária pública.

7.4.2.3 Rega de Jardim

O consumo aproximado de água utilizada durante a rega de jardim foi estudado durante o período de uma semana utilizando-se um balde graduado e um cronômetro, foi realizada a medição de vazão considerando os 10 pontos utilizados para rega de jardim existentes na empresa.

Atualmente, a água utilizada para esse tipo de lavagem também é fornecida pela concessionária pública.

7.4.2.4 Purga dos Floculadores

Os floculadores da ETA (Estação de Tratamento de Água) também são equipamentos passíveis do estudo para reúso de água, já que a água contendo as

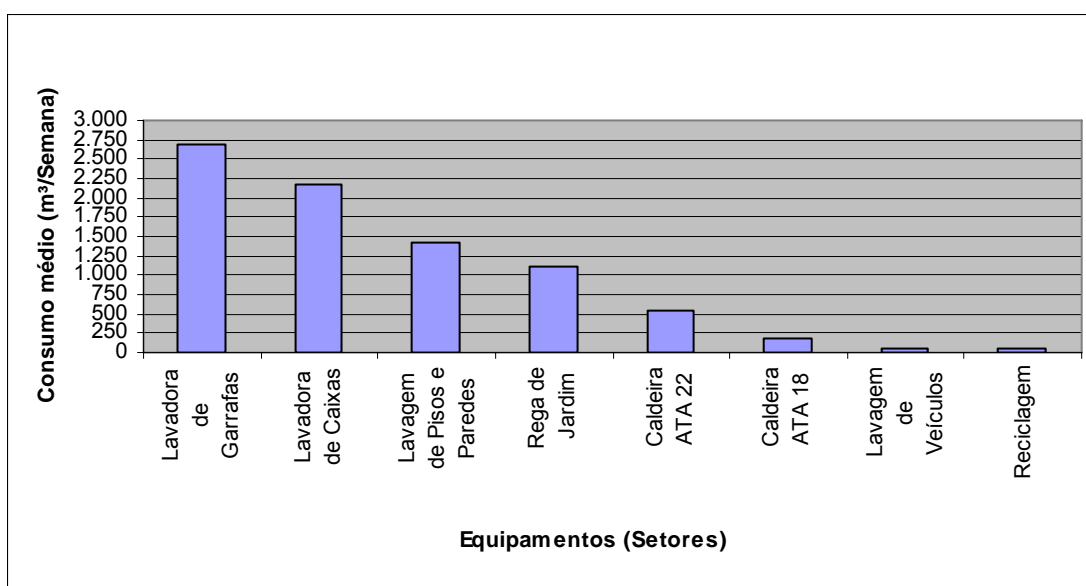
partículas sólidas geradas pela operação de floculação são descartadas de forma constante pela purga dos floculadores. A água utilizada pelos floculadores é proveniente da mistura na cisterna de água bruta, entre as água fornecidas pela concessionária pública e pelos poços artesianos. Cada floculador descarta em média 1 metro cúbico por hora de água contendo partículas sólidas.

7.5 VAZÃO MÉDIA CONSUMIDA DE ÁGUA NOS EQUIPAMENTOS E SETORES

Durante o período de 11 a 17/01/2010, foi realizado a medição de vazão dos equipamentos e setores onde havia consumo de água e possibilidade do reúso de água não potável de processo.

O gráfico 2 mostra o consumo médio de água medido no período de uma semana, nos equipamentos e setores da Indústria de refrigerantes A. Pode-se observar que a lavadora de garrafas, a lavadora de caixas e a lavagem de pisos e paredes são os equipamentos e a atividade do setor que mais utilizam água na indústria, portanto são determinantes no estudo sobre reúso da água.

GRÁFICO 2 – CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA MEDIDA NOS EQUIPAMENTOS E SETORES DURANTE UMA SEMANA NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A



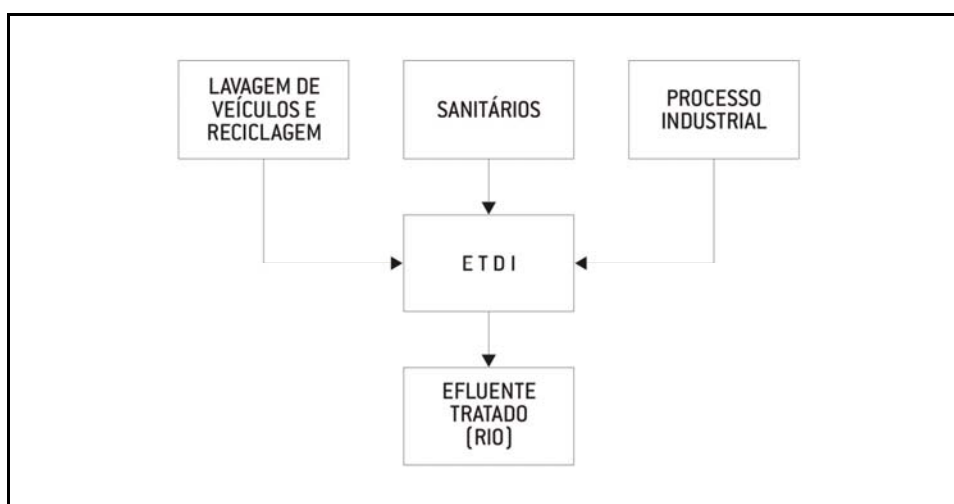
FONTE: DADOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.6 EFLUENTES DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Existem três tipos de efluentes a serem tratados na indústria de refrigerantes que é objeto deste estudo, o primeiro é de origem do processo industrial, o segundo oriundo da lavagem de veículos e o terceiro de origem sanitária.

Todos esses tipos de efluentes são tratados em conjunto na Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI) e dessa forma, devidamente autorizados pelos órgãos ambientais.

O fluxograma 11 descreve simplificadaamente os locais, onde são geradas as emissões líquidas industriais.



FLUXOGRAMA 11 – LOCAIS ONDE SÃO GERADAS AS EMISSÕES LÍQUIDAS
FONTE: O AUTOR

7.6.1 Locais de Geração de Emissões Líquidas

Existem vários locais na Indústria de refrigerantes A que geram as emissões líquidas, desde o processo produtivo por meio do efluente gerado pelas linhas de produção, até as emissões geradas pelo processo da linha de lata, pet e vidro. Também devem ser consideradas as emissões provenientes das operações, como a geração de vapor, ocasionada pela purga das caldeiras industriais.

A purga das torres de resfriamento, a lavagem de caminhões, a geração de efluentes sanitários, lavagem de pisos e paredes na indústria, bem como, a rega de jardim e a purga dos floculadores do tratamento de água, constituem também exemplos clássicos de geração de emissões líquidas na indústria em questão.

7.6.2 Composição das Emissões Líquidas Geradas

Foram realizados alguns testes em relação aos parâmetros de qualidade a fim de se observar a composição das emissões líquidas industriais.

As áreas e equipamentos escolhidos para se realizar essas análises, bem como, seus resultados podem ser encontrados nas tabelas 14 e 15.

A tabela 14 mostra os resultados dos parâmetros das emissões líquidas industriais geradas após os processos de lavagem de caminhões, da rega dos jardins e após a purga da caldeira ATA 22 e de uma torre de resfriamento do setor de tratamento de água da Indústria de refrigerantes A.

Esses resultados são tratados neste trabalho como parâmetros de referência, apenas para avaliar a qualidade destas emissões líquidas, para que se possa saber se nos equipamentos ou processos pode haver futura reutilização de água.

TABELA 14 – ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA GERADA PELOS PONTOS DE EMISSÕES LÍQUIDAS INDUSTRIAIS – PRIMEIRA PARTE

Parâmetros	Unidade	Lavagem de Caminhões	Rega de Jardim	Caldeira	Torre de Resfriamento
pH	-	7,33	7,19	8,33	8,27
Cloro	mg/L	0	0,3	0	0
Turbidez	NTU	0,33	0,26	13,5	2,44
Alcalinidade Total	mg/L	72	44	88	110
Alumínio	mg/L	0	0	0	0
Dureza Total	mg/L	54	48	10	70
Dureza Cálcio	mg/L	30	28	6	40
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	53	50	13	247
Ferro	mg/L	0,08	0,12	0,48	0,48
Cloreto	mg/L	6,3	5,9	1,6	21,7
Sulfato	mg/L	1	1	7	8

FONTE: ANÁLISES LABORATORIAIS REALIZADAS A PARTIR DE PROCEDIMENTOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

A tabela 15 mostra os resultados dos parâmetros das emissões líquidas industriais geradas durante o descarte do floculador 2 do setor de tratamento de água, bem como das emissões resultante da lavagem de caixas e da lavagem de pisos e paredes da fábrica.

Esses resultados são tratados neste trabalho como parâmetros de referência, apenas para avaliar a qualidade destas emissões líquidas, para que se possa saber se nos equipamentos ou processos pode haver futura reutilização de água.

TABELA 15 – ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA GERADA PELOS PONTOS DE EMISSÕES LÍQUIDAS INDUSTRIAIS – SEGUNDA PARTE

Parâmetros	Unidade	Descarte do Floculador	Lavadora de Caixas	Lavagem de Pisos	Lavagem de Veículos
pH	-	6,91	9,64	7,94	7,67
Cloro	mg/L	4	0	0	0,5
Turbidez	NTU	9,22	1,84	0,41	0,5
Alcalinidade Total	mg/L	64	0	76	66
Alumínio	mg/L	15	14	0	0
Dureza Total	mg/L	18	20	40	42
Dureza Cálcio	mg/L	0	0	0	24
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	84	182	90	42
Ferro	mg/L	0,47	0,4	0,64	0,18
Cloreto	mg/L	14,8	10,8	4,9	6,2
Sulfato	mg/L	35	7	5	11

FONTE: ANÁLISES LABORATORIAIS REALIZADAS A PARTIR DE PROCEDIMENTOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

7.7 TRATAMENTO DE EFLUENTES

7.7.1 Verificação da Quantidade e da Qualidade do Efluente Tratado

Este capítulo tem como objetivo principal, mostrar o que foi verificado em relação à quantidade e qualidade apresentada pelo efluente tratado, a fim de se

apresentar alternativas viáveis para sua recuperação. Uma vez que o recurso natural água é finito e que se buscam alternativas de sustentabilidade, a tentativa de economia desse recurso torna-se importante, além disso, as reduções de custo também são extremamente benéficas, uma vez que o volume utilizado justifica, por si só, o tratamento de efluente, ainda que seja para a utilização de fins menos nobres, importando os benefícios futuros que serão percebidos. O funcionamento da Estação de Tratamento de Resíduos Industriais encontra-se descrito abaixo:

Analisando o fluxograma 12, o efluente gerado pelo processo industrial, inicialmente passa por um sistema primário de gradeamento e caixa de areia, que tem como finalidade reter os sólidos grosseiros inerentes ao processo. Esse sistema é limpo regularmente e os resíduos são enviados para empresa externa devidamente licenciada. O tratamento continua com o efluente sendo bombeado da caixa de recalque de efluentes para o tanque equalizador, que possui a finalidade de equalizar o efluente que será posteriormente tratado.

Nesse tanque, o efluente industrial encontra o efluente sanitário, para que esses dois tipos de efluentes sejam tratados de forma igualitária. No equalizador, o efluente é agitado através de bombas submersas e o pH do efluente é corrigido através de dosagem de soda cáustica ou ácido clorídrico, dependendo do pH inicial do efluente. Do tanque de equalização o efluente é bombeado para uma calha Parschall que serve para medir a vazão do efluente e finalmente é enviado para o tanque de aeração. Nesse tanque ocorre a degradação da matéria orgânica, através da ação de microorganismos encontrados no tanque, pois o tratamento é realizado por sistema biológico aerado de lodos ativados.

Para manter o equilíbrio do tratamento efetivado pelos microorganismos, o reator recebe oxigênio puro, através de bombas submersas. Depois do tanque de aeração, o efluente já semi-tratado, é enviado para um tanque de decantação, ou decantador, que separa por gravidade os sólidos que ainda se encontram no sistema.

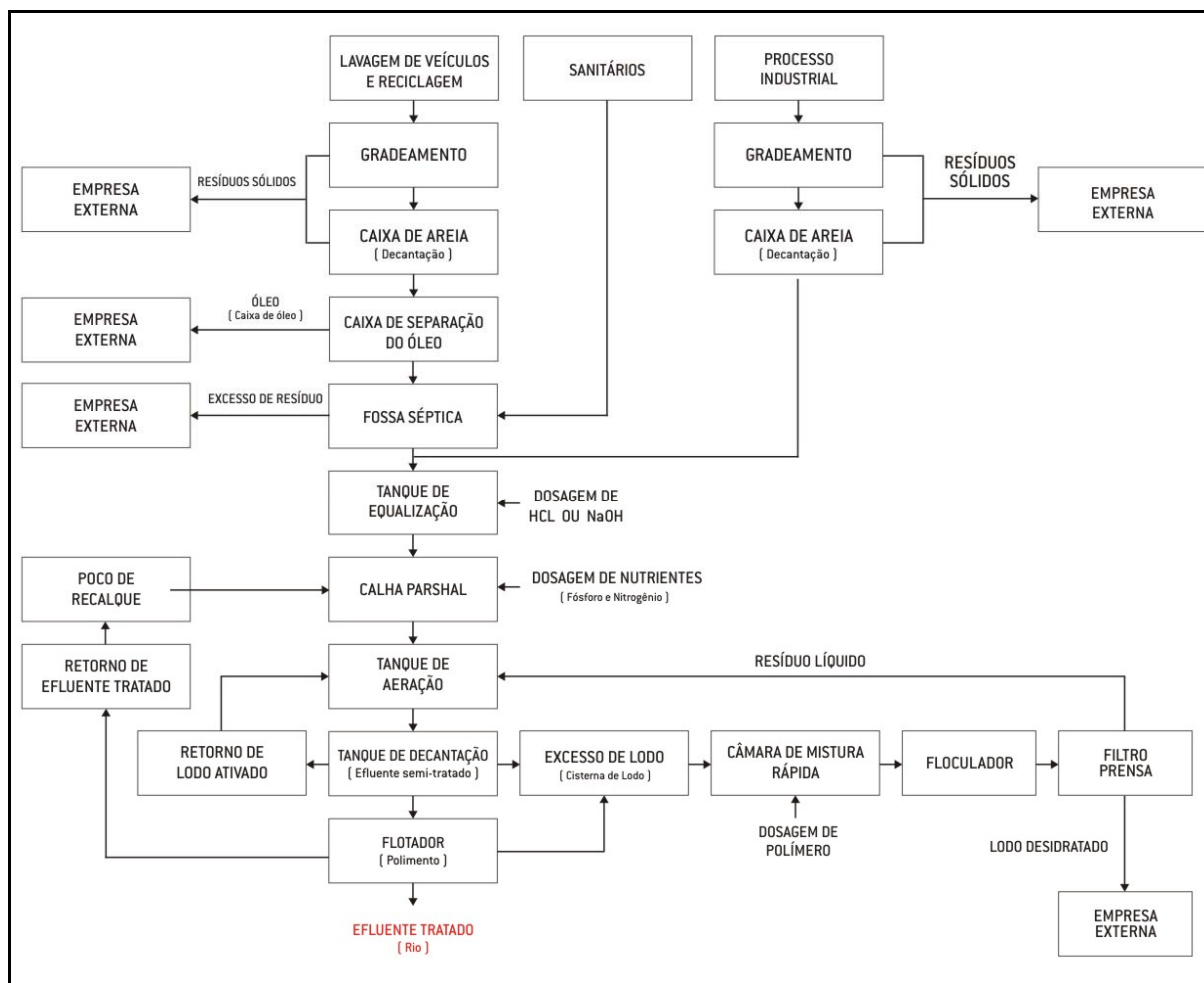
Nesse tanque, existe o retorno de uma parte do lodo para o tanque reator, através de bombeamento, a fim de ativar a parcela de lodo formada no reator após a degradação microbiológica da matéria orgânica. A outra parcela de lodo encontrada no decantador é descartada para uma cisterna de armazenamento de lodo. Nessa

cisterna o lodo passa por uma câmara de mistura rápida, onde é dosado o polímero a fim de agregar os flocos de lodo.

Após essa etapa, o lodo passa por uma prensa desaguadora, a fim de retirar uma boa parte de sua umidade. O lodo desidratado então é enviado para caçambas, para que possa ser recolhido por empresa devidamente licenciada pelos órgãos ambientais, para ser destinado por empresa devidamente habilitada pelo órgão ambiental para essa função.

Já o efluente semi-tratado proveniente do tanque decantador, é enviado para um flotador, para que esse receba o polimento final. O processo de flotação é utilizado para separar partículas sólidas e/ou líquidas presentes numa fase líquida. O sistema de flotação por ar dissolvido se baseia no contato e na aderência de microbolhas de ar com as partículas do efluente, diminuindo sua densidade e promovendo seu arraste para a superfície líquida do tanque. O efluente bruto recalcado entra no misturador hidráulico, onde receberá as soluções de produtos químicos, coagulante e floculante para a floculação do material em suspensão coloidal. O efluente floculado entra no flotador por ar dissolvido. As microbolhas formadas em tanque de pressão carregarão a matéria em suspensão para a superfície, onde será raspada por removedor de flotado. O removedor superficial enviará o flotado removido para a caixa de espuma. Essa pequena parcela do lodo, também é enviada para a cisterna de lodo, onde será bombeada para o filtro prensa, a fim de ser dada a destinação final da mesma.

Já o efluente tratado, é enviado para a tubulação de saída da ETDI, já nos parâmetros exigidos pela legislação vigente.



FLUXOGRAMA 12 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES NA
INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A
FONTE: ADAPTAÇÃO DO AUTOR

7.8 RESULTADOS DAS ANÁLISES DO EFLUENTE TRATADO

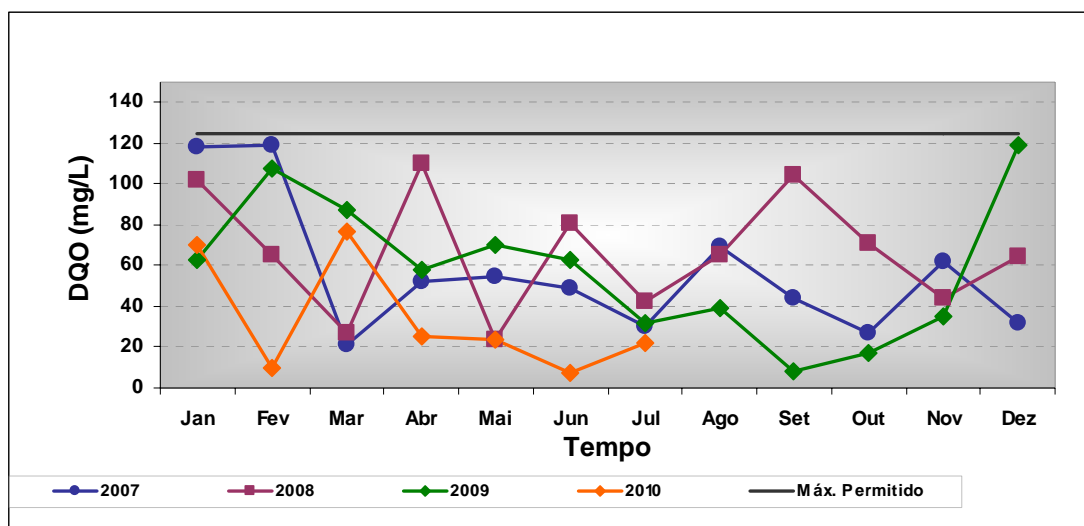
O lançamento do efluente tratado deve obedecer tanto os parâmetros internos da Indústria de refrigerantes A bem como, os parâmetros estipulados pela legislação vigente, sempre valendo o parâmetro mais restritivo.

Os resultados finais do tratamento de efluentes, antes do mesmo ser lançado, podem ser observados nos gráficos a seguir, que apresentam os resultados e a qualidade do efluente após o tratamento final, durante os anos de 2007 até o ano de 2010 na operação da ETDI.

Analisando-se o gráfico 3 pode se notar que o valor máximo de DQO foi apresentado em dezembro de 2009, que condiz com o mês de maior produção da

indústria. No mês de setembro desse mesmo ano, houve paradas programadas para manutenção das linhas de produção. Já no ano de 2010, o valor baixo apresentado no mês de fevereiro condiz com o mês que a ETDI apresentou maior estabilidade de tratamento e no mês de junho e julho houve paradas programadas para manutenção das linhas de produção da indústria. Os resultados dos quatro anos apresentados encontram-se dentro dos parâmetros de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

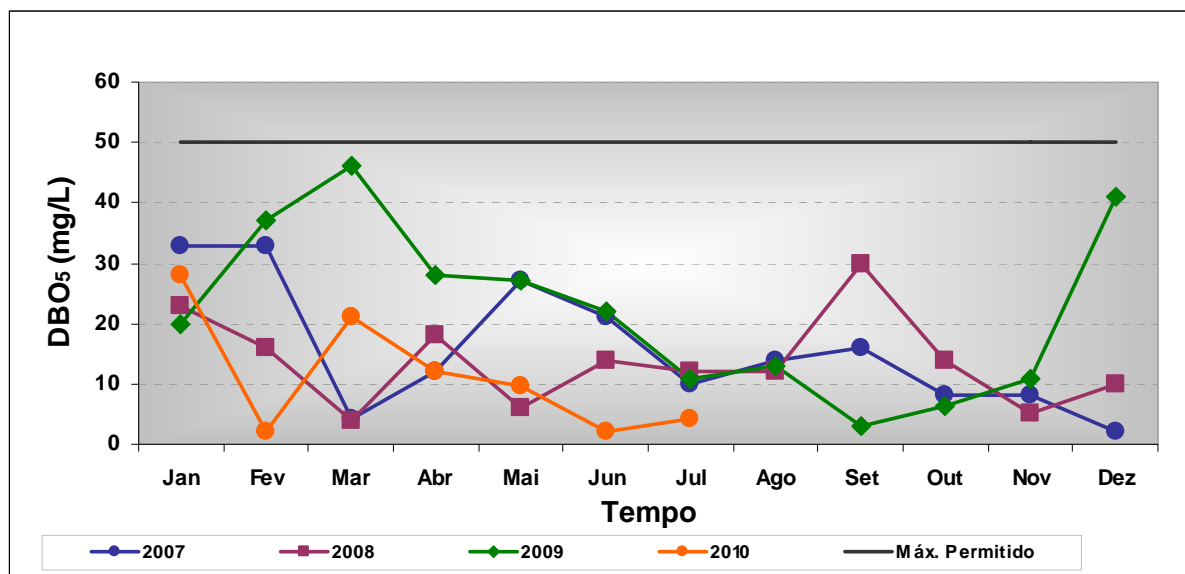
GRÁFICO 3 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010



FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

Analisando o gráfico 4 pode-se notar que o valor máximo de DBO_5 apresentado em dezembro de 2009, condiz com o mês de maior produção da indústria. No mês de setembro desse mesmo ano, houve paradas programadas para manutenção das linhas de produção. Já no ano de 2010, o valor baixo apresentado no mês de fevereiro condiz com mês em que a ETDI apresentou maior estabilidade de tratamento e no mês de junho e julho houve paradas programadas para manutenção das linhas de produção da indústria. Todos os resultados dos quatro anos apresentados encontram-se dentro dos parâmetros de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

GRÁFICO 4 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

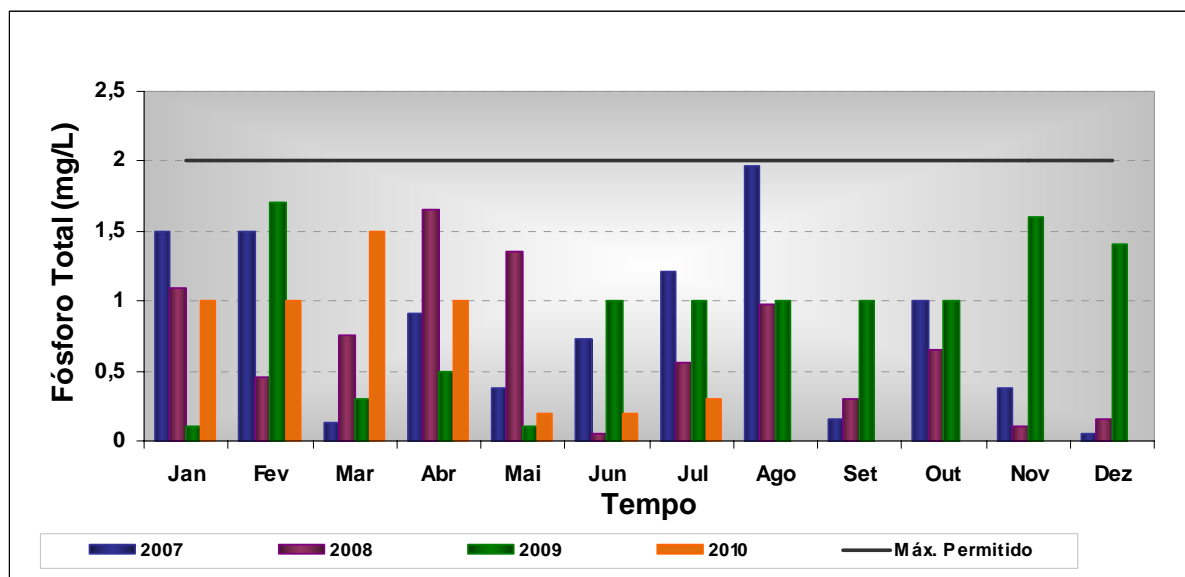


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO

A análise do gráfico 5 mostra que para o ano de 2009 e 2010 todos os valores de fósforo total encontram-se dentro dos parâmetros de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de Refrigerantes A.

As variações dos valores nos anos de 2009 e 2010, durante os diferentes meses, justificam-se pela variação da amostra pontual coletada nos diferentes meses dos anos de acordo com as análises laboratoriais, ou seja, em cada amostra coletada de aproximadamente 1 litro de efluente tratado para uma vazão média de 29.000 litros por hora na saída da ETDI, pode existir uma variação dos valores pontuais de fósforo analisados, já que esse parâmetro é dosado regularmente na ETDI, pois se trata de um alimento para os microorganismos encontrados no tanque reator.

GRÁFICO 5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE FÓSFORO TOTAL NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

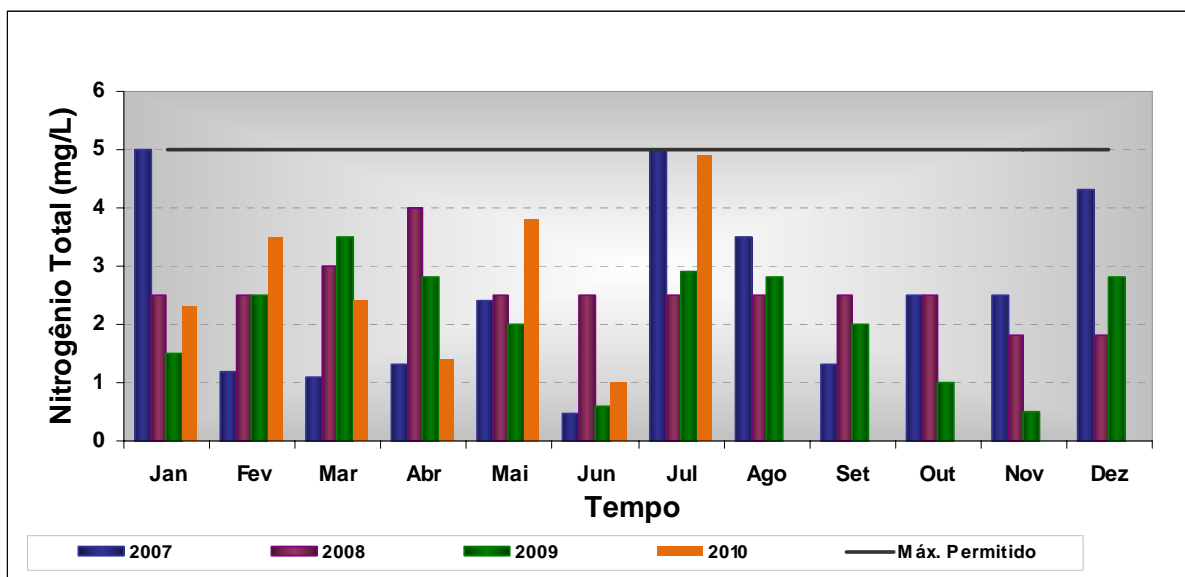


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

O gráfico 6 mostra que para o ano de 2009 e 2010 todos os valores de nitrogênio total encontram-se de acordo com o padrão especificado pela Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

As variações dos valores nos anos de 2009 e 2010, durante os diferentes meses, justificam-se pela variação da amostragem pontual coletada nos diferentes meses dos anos de acordo com as análises laboratoriais, ou seja, em cada amostra coletada de aproximadamente 1 litro de efluente tratado para uma vazão média de 29.000 litros por hora na saída da ETDI, pode existir uma variação dos valores pontuais de nitrogênio analisados, já que esse parâmetro é dosado regularmente na ETDI, pois se trata de um alimento para os microorganismos encontrados no tanque reator.

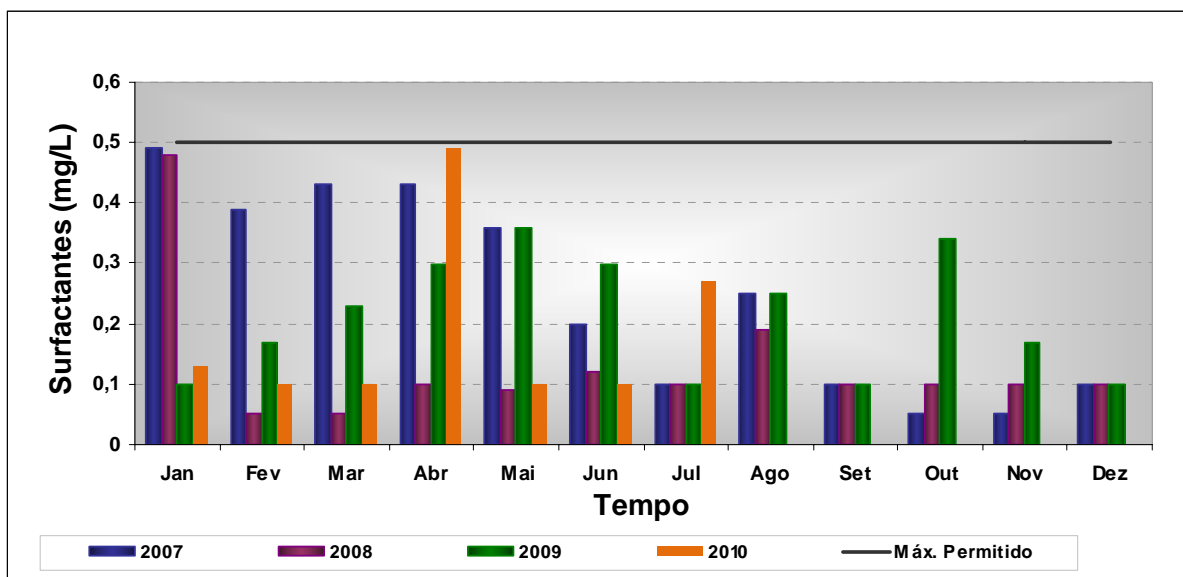
GRÁFICO 6 – RESULTADO DOS TESTES DE NITROGÊNIO TOTAL NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010



FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

A análise do gráfico 7 permite observar que para o ano de 2009 os valores máximos de surfactantes foram causados pelo aumento da dosagem de lubrificantes de esteira das linhas de produção, pois nos meses de maio e outubro, em particular, houveram pequenos problemas nessas esteiras. No ano de 2010, o mesmo ocorreu no mês de abril e julho, quando houve *start-up* das linhas. Todos os valores de surfactantes neste intervalo dos 4 anos apresentados, encontram-se dentro dos parâmetros de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

GRÁFICO 7 – RESULTADO DOS TESTES DE SURFACTANTES NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

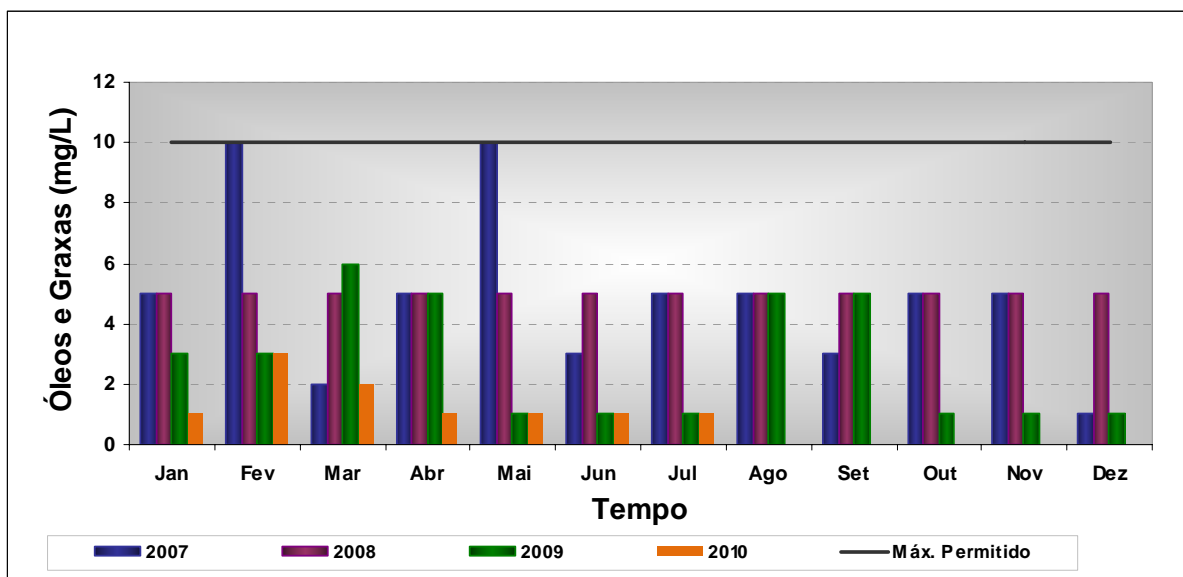


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

Analisando o gráfico 8, não foram observadas nessas análises alterações muito significativas, porém em fevereiro e maio do ano de 2007 pode ter ocorrido algum pequeno vazamento de óleo ou graxa que não tenha ficado retido nas caixas de retenção de óleos e graxas, chegando até a ETDI.

Porém, na época não foi reportado pelos colaboradores responsáveis nenhum tipo de vazamento. Todos os valores de óleos e graxas apresentados no período de 4 anos, encontram-se dentro dos parâmetros de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

GRÁFICO 8 – RESULTADO DOS TESTES DE ÓLEOS E GRAXAS NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

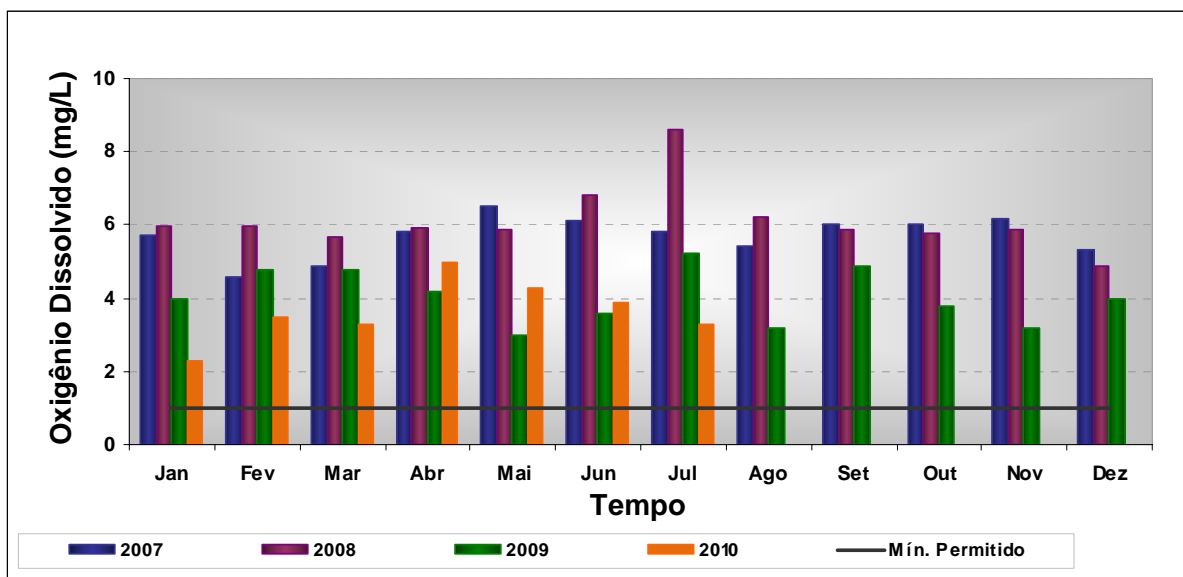


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

Analisando o gráfico 9, em relação ao oxigênio dissolvido na saída da ETDI, o limite mínimo permitido é de 1 mg/l, portanto os valores acima desse valor são considerados ótimos possibilitando o lançamento direto em corpo hídrico receptor.

Todos os valores de oxigênio dissolvido apresentados no período de 4 anos, encontram-se de acordo com os parâmetros mínimos de lançamento da Resolução Conama nº 357/05 e dos requisitos internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

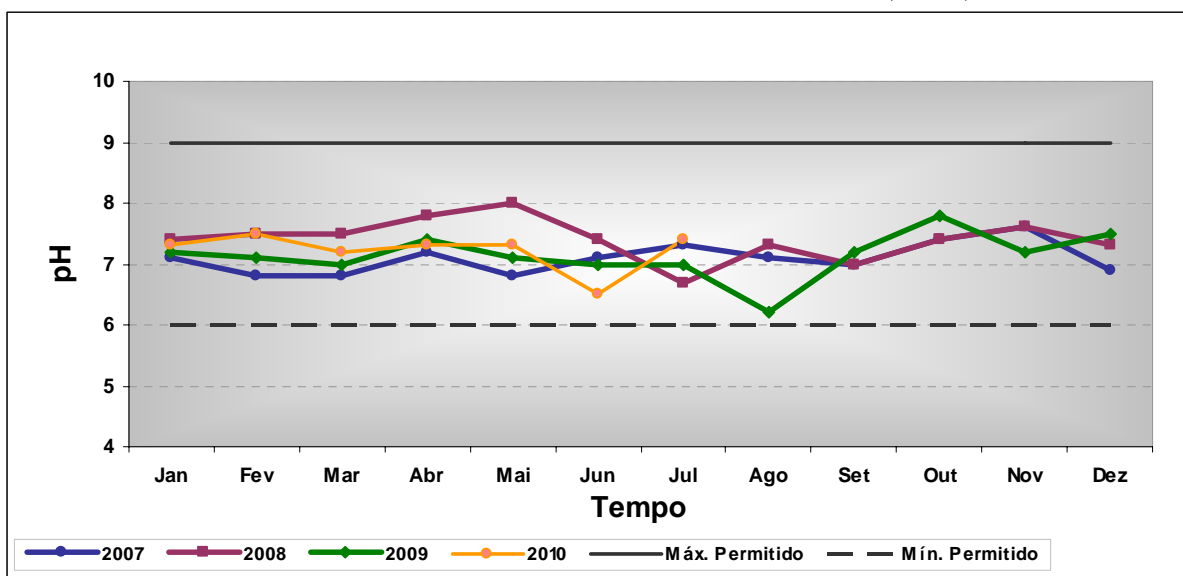
GRÁFICO 9 – RESULTADO DOS TESTES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010



FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

Os valores de pH não sofreram alterações relevantes durante esse período, portanto os valores desses 4 anos também atendem à legislação vigente.

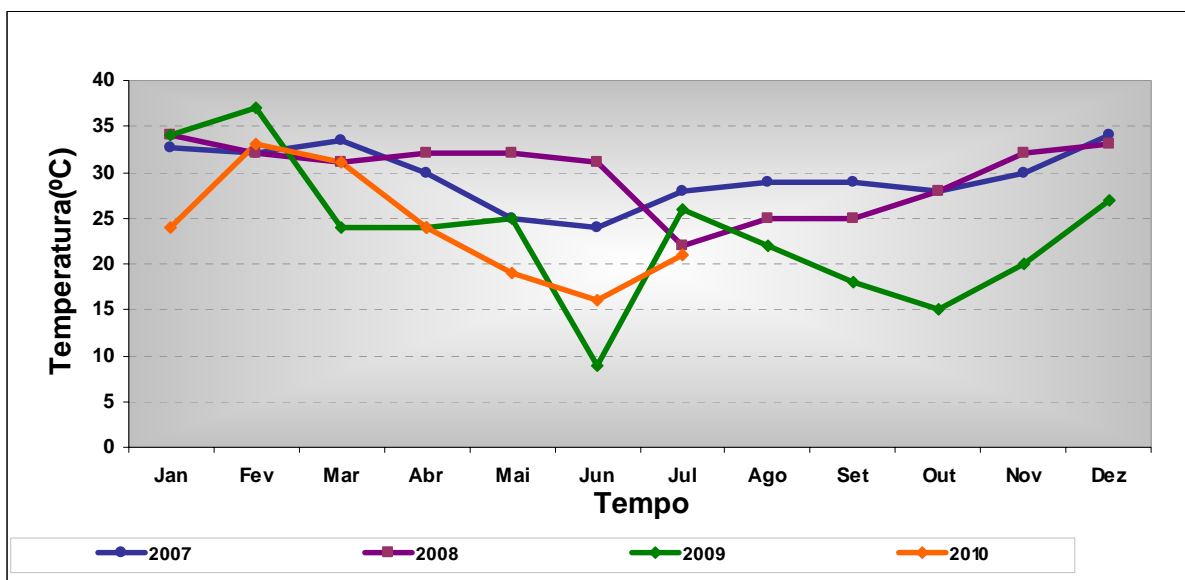
GRÁFICO 10 – RESULTADO DOS TESTES DE PH NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010



FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO.

Os valores de temperatura não sofreram alterações relevantes durante esse período, o resultado mínimo encontrado em junho de 2009 e 2010 se explica apenas pelas condições climáticas apresentadas na cidade de Curitiba na data em que foram realizadas as análises.

GRÁFICO 11 – RESULTADO DOS TESTES DE TEMPERATURA NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

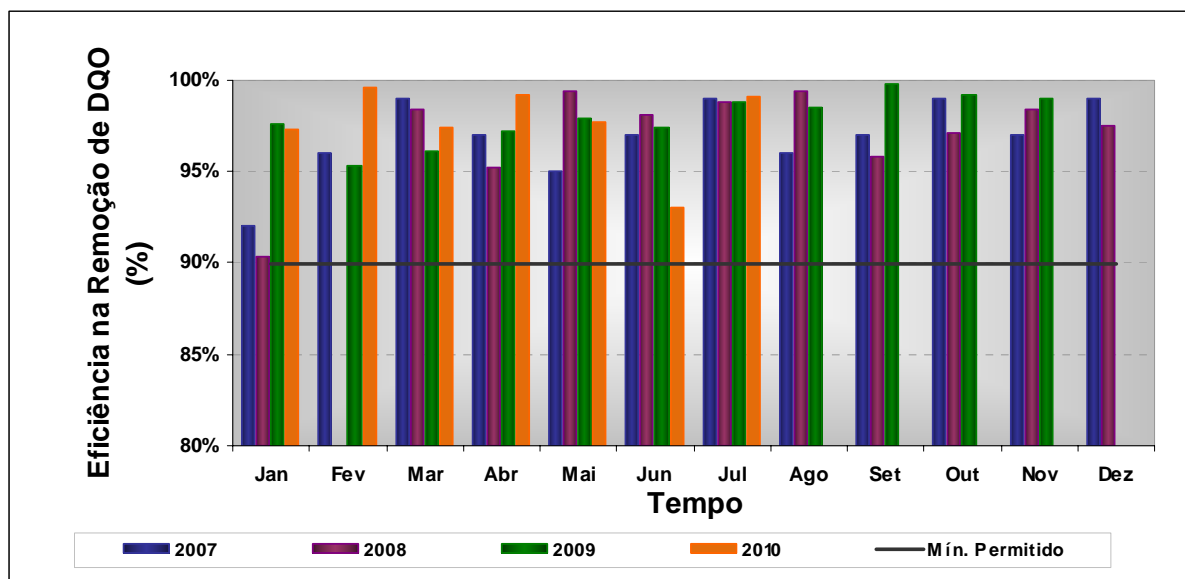


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO

A remoção mínima de DQO em forma de porcentagem é de 90% de remoção.

Todos os parâmetros encontram-se dentro dos parâmetros permitidos pela legislação vigente.

GRÁFICO 12 - DEMONSTRAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE DQO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010

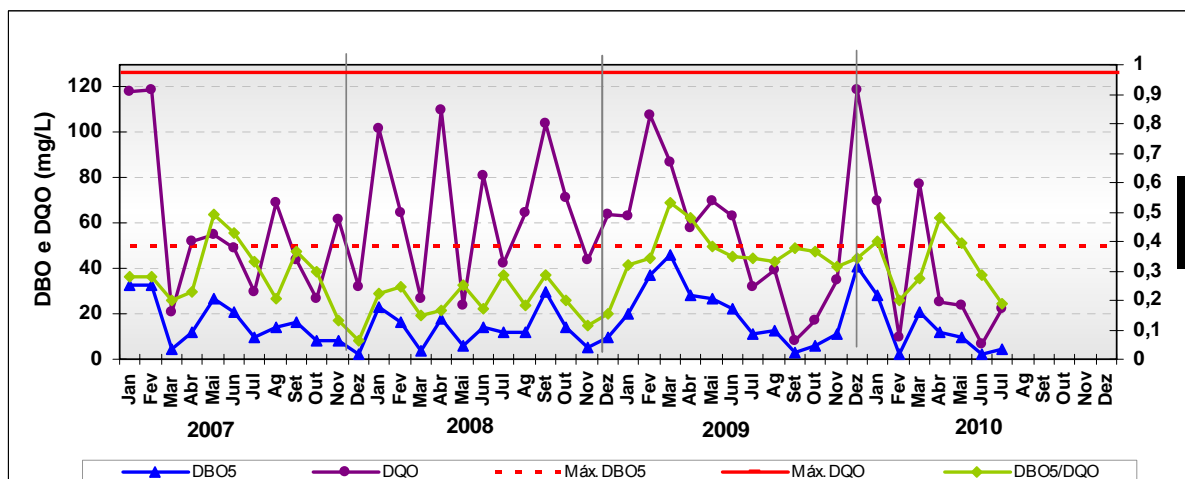


FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO

Como se pode observar todos os parâmetros do efluente tratado acima se encontram dentro dos padrões legais e da companhia para lançamento.

Os volumes de produção, e em consequência, de carga orgânica a ser tratada foram maiores em 2008 e 2009 em relação ao ano de 2007. Os picos de DQO e DBO₅ foram apresentados nos meses em que houve maiores valores de produção durante nos anos mencionados.

GRÁFICO 13 – RELAÇÃO DBO/DQO CONSIDERANDO OS RESULTADOS DE DQO E DBO NOS ANOS DE 2007, 2008, 2009 E 2010



FONTE: RESULTADOS DOS TESTES LABORATORIAIS DO EFLUENTE TRATADO REALIZADOS POR LABORATÓRIO EXTERNO

É importante também relatar os dados de vazão do efluente tratado, para que combinados com a análise de qualidade do efluente sejam apresentadas as melhores opções de reutilização do mesmo.

7.9 VAZÃO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE TRATADO

Para que se possa recuperar uma parcela do efluente tratado gerado pela indústria de refrigerantes, é necessário levantar a vazão de tratamento da ETDI, para que se calcule corretamente a quantidade que será necessária para a utilização nos possíveis pontos de recuperação. A tabela 16 mostra os valores médios de vazão de saída da ETDI, nesse intervalo de 4 anos apresentados.

Considera-se para o ano de 2010 a vazão média medida até o mês de julho.

TABELA 16 – DADOS DA VAZÃO MÉDIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Vazão Média - Efluente Tratado (m³/h)			
2007	2008	2009	2010
29	28	29	29

FONTE: DADOS INTERNOS OBTIDOS A PARTIR DA MEDIÇÃO DE VAZÃO DE TRATAMENTO DA ETDI.

8 PROPOSTAS DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

Observando o gráfico 2 do capítulo 7, percebe-se que os equipamentos que mais utilizam água na Indústria de refrigerantes A são a lavadora de garrafas e lavadora de caixas e o setor que mais utiliza água é o setor de produção para a limpeza de pisos e paredes, excluindo a utilização de água diretamente para o processo produtivo, como por exemplo nas enchedoras das linhas de lata, vidro e pet.

Serão propostas três possibilidades de reúso de água de processo e uma proposta de um novo método de desinfecção do efluente tratado, método esse, diferente do que o utilizado até o presente momento na indústria produtora de refrigerantes.

A primeira possibilidade de reúso de água de processo será o estudo da reutilização de água da purga do floculador, encontrado no tratamento de água, utilizando o “*big bag*”, que consiste em uma bolsa confeccionada em geotecido, com a finalidade de separação dos sólidos presentes da purga do floculador da ETA (Estação de Tratamento de Água).

A segunda possibilidade de reúso, será o projeto do reúso da água utilizada na barra de ultrassom da linha de produção de garrafas pet.

A terceira possibilidade de reúso da água não potável de processo constitui-se no projeto de aproveitamento da água da lavadora de caixas para limpeza de pisos e paredes. O novo sistema de desinfecção, que tem como objetivo avaliar a eficácia da redução do número de coliformes e bactérias, além de buscar eliminar o residual de cloro, utilizando o dióxido de cloro em contato com o efluente tratado.

8.1 NOVO SISTEMA DE DESINFECÇÃO PARA O EFLUENTE TRATADO

Atualmente, o hipoclorito de sódio é utilizado como desinfectante no efluente que é tratado na ETDI, a fim de que as análises microbiológicas se encontrem dentro dos padrões estabelecidos pelo artigo 34 da Resolução Conama 357/05 e

dos parâmetros internos estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A. Quando se estuda a possibilidade de reúso desse efluente, deve-se levar em consideração que o hipoclorito de sódio produz residual de cloro e pode reagir com outros compostos orgânicos encontrados no efluente tratado, e dependendo de sua concentração, pode formar trihalometanos (THM's), que são substâncias que apresentam características que podem prejudicar a saúde humana, causando doenças como o câncer. Segundo Meyer (1994), foram realizados alguns estudos no Canadá, que indicaram uma associação entre a dosagem de cloro e o câncer de estômago. Para controlar a formação dos THM's, pode-se reduzir a concentração dos compostos orgânicos presentes no efluente, ou estudar outras formas de desinfecção, que evitem a formação dos THM's, como por exemplo, utilizar como agente desinfectante, na parte final do tratamento de efluentes, o dióxido de cloro.

Foram realizados testes de bancada, para avaliar a eficácia do dióxido de cloro como agente desinfectante, para verificar a redução dos coliformes totais e fecais e das bactérias do efluente tratado na ETDI. Para o auxílio nestes testes, foi contratada uma empresa de consultoria especializada em sistemas de desinfecção pro dióxido de cloro.

Esses testes foram realizados visando o reúso futuro do efluente tratado para lavagem de carros e caminhões e rega dos jardins da Indústria de refrigerantes A.

8.2 MATERIAS E MÉTODOS

Os testes foram realizados no mês de agosto e setembro de 2010. No dia 11/08/2010 foram elaborados o protocolo e preparo do ClO_2 (dióxido de cloro). O principal objetivo dos testes realizados nessa data foi avaliar o poder germicida desse gás.

Em uma primeira etapa, foi preparada a solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), utilizando-se os seguintes materiais:

- Balança analítica marca OHAUS;
- Becker de 100 mL;
- Pipeta volumétrica vidrolabor com graduação de 20 mL;

- 1 litro de água destilada;
- 1 litro de H_2SO_4 P.A (que significa pureza analítica, ou seja, quando a substância apresenta alto grau de pureza).

O método adotado foi o seguinte:

- Colocar um becker de 100 mL na balança e tarar, em seguida pesar 10 gramas de água destilada, adicionando-a aos poucos com a utilização da pipeta. Logo após, pesar 10 gramas de H_2SO_4 adicionando aos poucos com a pipeta à água, já pesada no becker. Em uma segunda etapa, foi preparada a solução de sais. Os materiais utilizados para esse preparo foram:
 - Solução de sais (clorato e clorito) fornecida pela consultoria que acompanhou os testes;
 - Água destilada;
 - Pipeta volumétrica;
 - Balança analítica;
 - Becker de 100 mL.

O método adotado para essa etapa foi inserir um becker de 100 ml na balança e tarar. Em seguida, pesar 3,85 gramas de sais no becker, adicionando lentamente. Adicionou-se então água destilada no becker até completar 20 gramas.

Em uma terceira etapa, para a produção do dióxido de cloro, propriamente dita, foram utilizados os seguintes materiais:

- Câmara de reação fornecida pela consultoria que acompanhou os testes;
- Tampa com válvula fornecida pela consultoria;
- Água destilada;
- Solução de sais preparada na etapa anterior;
- Solução de H_2SO_4 preparada anteriormente;
- Pipeta automática de 0,2 mL ou 200 μL (200 microlitros) fornecida pela consultoria;
- Seringa comum de 60 mL;
- Balança analítica;
- Becker de 100 mL.

O procedimento necessário para a produção do dióxido de cloro foi:

- Encher totalmente a câmara de reação com água destilada, colocar a tampa com válvula, prestando atenção para que a válvula esteja na posição aberta, e logo após fechar a válvula. Após essa etapa, drenar a parte superior da válvula e acoplar a seringa sem o êmbolo, na válvula.

Adicionou-se 0,2 mL, ou 200 µL, de solução de sais à seringa. O próximo passo foi adicionar 0,2 mL da solução de H_2SO_4 à seringa e inserir o êmbolo rapidamente na mesma. Foi necessário também, agitar vigorosamente por 20 segundos e segurar o êmbolo entre 5 e 6 mL, pois a pressão interna poderia ejetar o êmbolo da seringa. Após esses cuidados, a válvula da tampa do equipamento foi aberta, empurrando o êmbolo da seringa para baixo. Se fez necessário movimentar o êmbolo para cima e para baixo pelo menos 10 vezes, criando assim uma solução teórica de dióxido de cloro (ClO_2) de 76 ppm.

Foram criadas quatro amostras, com a seguinte composição:

- A. 0,5 ppm - Para criar essa concentração foi misturado 6,58 mL de solução produzida de ClO_2 em 1000 mL de amostra a ser testada.
- B. 2 ppm - Para criar essa concentração foi misturado 26,3 mL de solução produzida de ClO_2 em 1000 mL de amostra a ser testada.
- C. 5 ppm - Para criar essa concentração foi misturado 65,8 mL de solução produzida de ClO_2 em 1000 mL de amostra a ser testada.
- D. 10 ppm - Para criar esta concentração foi misturado 131,6 mL de solução produzida de ClO_2 em 1000 mL de amostra a ser testada.

Foram coletadas amostras de efluente tratado e disponibilizado um kit contendo um frasco de 100 mL e outro contendo 200 mL para cada uma das quatro amostras criadas.

É importante salientar que, duas horas antes da coleta, foi desligado o sistema atual de desinfecção utilizado na ETDI que é o hipoclorito de sódio, para que não houvesse interferência nos testes com o dióxido de cloro.

Cada uma das amostras criadas foi adicionada ao efluente tratado, completando os frascos de 100 e 200 mL, sendo o frasco de 100 mL para análise de

coliformes fecais e totais, e o frasco de 200 mL para análise de bactérias heterotróficas e cloro.

Para as análises que foram coletadas no dia 16/08/2010, o tempo de reação entre as amostras concentradas de dióxido de cloro e o efluente tratado foram de 20 minutos. Após esse período, os kits com as amostras foram analisados a fim de se obter os resultados dos parâmetros: cloro total, bactérias heterotróficas, coliformes fecais e totais.

Na data de 18/08/2010, foram repetidos os procedimentos acima, com apenas a variação do tempo de contato entre as amostras de dióxido de cloro e o efluente tratado, dessa vez, o tempo de reação antes da análise dos parâmetros foi de 30 minutos.

Na data de 01/09/2010, os testes foram realizados da mesma forma que os testes realizados no dia 18/08, mantendo o tempo de reação do dióxido de cloro com o efluente tratado em 30 minutos, antes da análise dos parâmetros.

A figura 1 mostra o técnico do laboratório da ETDI produzindo o dióxido de cloro utilizando a seringa e a câmara de reação.



FIGURA 1 – ENSAIO DE BANCADA COM A PREPARAÇÃO DO DIÓXIDO DE CLORO

FONTE: O AUTOR

Na figura 2 é possível visualizar as amostras do dióxido de cloro em contato com o efluente tratado prontas para serem enviadas ao laboratório externo para análise.



FIGURA 2 – AMOSTRA DA PREPARAÇÃO DO DIÓXIDO DE CLORO EM CONTATO COM O EFLUENTE TRATADO

FONTE : O AUTOR

8.3 RESULTADOS

Foram realizadas análises de cloro livre, como se pode verificar no item anterior, contagem padrão de bactérias heterotróficas, coliformes fecais e coliformes totais, como objetivo final de observar a eficácia germicida do dióxido de cloro.

A seguir, foram expostos os resultados dos testes realizados nos dias 16/08,18/08 e dia 01/09/2010. As amostras A,B,C e D descritas nas tabelas 17 abaixo, referem-se as concentrações de 0,5 ppm, 2 ppm, 5 ppm e 10 ppm, respectivamente.

Apenas no dia 01/09/2010, (tabela 18) as concentrações utilizadas, por recomendação da empresa de consultoria foram:

- Amostras A,B,C e D nas concentrações de 6 ppm,7 ppm ,8 ppm e 9 ppm.

Na tabela 17, é possível se verificar os resultados microbiológicos e de cloro realizados na data de 16/08/2010 e 18/08/2010, que representam a amostra do efluente tratado depois da reação com o dióxido de cloro, nas quatro concentrações de dióxido de cloro previamente estabelecidas. No dia 16/08/2010 o tempo de contato entre o dióxido de cloro e o efluente tratado foi de 20 minutos, enquanto que no dia 18/08/2010 foi de 30 minutos.

Os resultados foram expressos nas seguintes unidades: miligrama por litro para o cloro livre (mg/L), número mais provável a cada 100 mL para os coliformes fecais e totais (NMP/100 mL) e unidades formadoras de colônia a cada mililitro de amostra para a contagem padrão de bactérias heterotróficas (UFC/100 mL).

TABELA 17 – RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS E DE CLORO EM 16/08/2010 E 18/08/2010

Amostra A: coleta (0,5 ppm)	Unidade	Resultados 16/08/2010 20 minutos	Resultados 18/08/2010 30 minutos
Cloro Livre	mg/L	0,37	0,38
Cont. Padrão Bact. Heterotróficas	UFC/mL	4,59E+05	6,40E+05
Coliformes Fecais	NMP/100mL	10120	14550
Coliformes Totais	NMP/100mL	96060	91390
Amostra B: coleta (2 ppm)			
Cloro Livre	mg/L	0,16	0,31
Cont. Padrão Bact. Heterotróficas	UFC/mL	4,35E+05	2,90E+05
Coliformes Fecais	NMP/100mL	41600	4810
Coliformes Totais	NMP/100mL	96060	82970
Amostra C: coleta (5 ppm)			
Cloro Livre	mg/L	0,71	0,35
Cont. Padrão Bact. Heterotróficas	UFC/mL	< 100	3,90E+03
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	179	249
Amostra D: coleta (10 ppm)			
Cloro Livre	mg/L	0,44	0,51
Cont. Padrão Bact. Heterotróficas	UFC/mL	< 100	< 100
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	26	16

FONTE: LABORATÓRIO EXTERNO CREDENCIADO PELA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

Na tabela 18, podem ser vistos os resultados microbiológicos e de cloro realizados na data de 01/09/2010, que representam a amostra do efluente tratado nas amostras A,B,C e D depois da reação com o dióxido de cloro, nas concentrações de 6 ppm, 7 ppm, 8 ppm e 9 ppm, respectivamente, durante 30 minutos de contato entre o efluente tratado e o dióxido de cloro.

TABELA 18 – RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS E DE CLORO EM 01/09/2010

Amostra A: coleta 01/09/10 (6 ppm)	Unidade	Resultado 30 minutos
Cloro Livre	mg/L	0,33
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	UFC/mL	21,4
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	115
Amostra B: coleta 01/09/10 (7 ppm)		
Cloro Livre	mg/L	0,23
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	UFC/mL	24
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	15
Amostra C: coleta 01/09/10 (8 ppm)		
Cloro Livre	mg/L	0,37
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	UFC/mL	< 100
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	2
Amostra D: 01/09/10 (9 ppm)		
Cloro Livre	mg/L	0,84
Cont. Padrão de Bact. Heterotróficas	UFC/mL	< 1
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 1
Coliformes Totais	NMP/100mL	< 1

FONTE: LABORATÓRIO EXTERNO CREDENCIADO PELA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

8.4 DISCUSSÃO

Atualmente é utilizado para desinfecção na Indústria de Refrigerantes A o hipoclorito de sódio. O objetivo dos testes de bancada foi testar uma forma de desinfecção, que fosse eficaz na redução de coliformes totais, fecais e bactérias heterotróficas, já que a Estação de Tratamentos de Despejos Industriais trata efluente industrial e sanitário. Os testes visavam que esse efluente tratado, possa futuramente ser reutilizado para outros fins, como lavagem de carros, caminhões, limpeza de pisos e paredes, rega de jardim entre outras finalidades, aproveitando a logística dessa futura reutilização já que o setor de lavagem de veículos e caminhões, localiza-se ao lado da ETDI e também porque esses tipos de reúso não

potável de água de processo, são ditos menos nobres, não havendo a necessidade de tratamentos mais complexos para atender a demanda desses setores.

A escolha do dióxido de cloro para os testes de bancada foi feita, porque estudos comprovam que esse produto não deixa residual de cloro e não forma THM's.

Os fatores mais importantes que influenciam na desinfecção da água são a natureza e concentração do agente desinfectante, o tempo de contato e a temperatura, o número e o tipo de microorganismos presentes e a qualidade da água a ser desinfetada. Quanto maior a concentração do desinfectante e o tempo de contato, menores são os números de microorganismos e o teor de sólidos suspensos na água.

Analisando os testes do dia 16/08, verifica-se que os testes que apresentaram melhores resultados foram nas amostras C e D, que são as amostras de concentrações de 5 e 10 ppm de dióxido de cloro. Durante esses testes, foi estabelecido um tempo de 20 minutos de reação antes das amostras serem encaminhadas ao laboratório que realizou as análises. Percebeu-se também que neste dia, obtivemos uma concentração maior de cloro livre nas amostras cuja concentração era de 0,5 ppm de dióxido de cloro do que na amostra que apresentava concentração de 2 ppm de dióxido de cloro. Pode ter ocorrido, neste caso, um intervalo de tempo diferente entre a realização das análises para o teor de cloro livre nas amostras de concentrações de 0,5 e 2 ppm de dióxido de cloro realizado pelo laboratório externo nesta data. Definiu-se portanto, repetir os testes no dia 18/08, com as mesmas concentrações, porém com o tempo de contato aumentado para 30 minutos. O melhor resultado apresentado foi o da amostra D, que possuía a concentração de 10 ppm, pois mostrou melhor eficiência na remoção da parte microbiológica. Percebe-se, no entanto, que a quantidade resultante de cloro livre permaneceu alta, atingindo o valor de 0,51 mg/L. O limite máximo de lançamento desse parâmetro no corpo hídrico receptor é de 0,1 mg/L segundo os parâmetros internos de lançamento de efluente tratado estabelecidos pela Indústria de refrigerantes A.

Na tentativa de reduzir os valores apresentados de coliformes fecais, totais e bactérias heterotróficas, e verificar quais seriam os valores obtidos de cloro livre, os testes de bancada foram modificados no dia 01/09/2010. Foram testadas as

concentrações de 6, 7, 8 e 9 ppm de dióxido de cloro, que foram descritas nos laudos como amostras A, B, C e D, respectivamente.

Foi possível perceber que a eficácia maior de eliminação de coliformes e bactérias, ficou por conta da concentração de 9 ppm. Entretanto, o valor de cloro livre apresentado nessa análise foi de 0,84 mg/L, mais de 8 vezes acima do limite permitido pela Indústria de refrigerantes A.

É importante comentar que esses resultados para cloro livre, foram obtidos sem a ação do turbilhonamento causado quando a desinfecção é realizada em escala piloto ou industrial. Durante a desinfecção em escalas maiores na Indústria A, o dióxido de cloro seria dosado na saída do flotador, que é o último estágio do tratamento de efluente na ETDI. Nesse estágio acontece um grande turbilhonamento devido ao contato da alta vazão desse efluente com a escada de saída da ETDI, que conduz esse efluente tratado até a galeria que se estenderá até próximo ao corpo hídrico receptor.

A probabilidade do cloro livre evaporar e atingir o limite máximo permitido de 0,1 mg/L no final do tratamento é muito grande, pois esse fato já é percebido com o hipoclorito de sódio, que é o desinfectante atual.

Como o dióxido de cloro, na concentração de 9 ppm, se mostrou um eficiente germicida e é alta a probabilidade do parâmetro cloro livre se encaixar no limite máximo permitido para lançamento no corpo hídrico receptor, devido à ação do turbilhonamento, não restam dúvidas de que se pode realizar os testes com esse produto desinfectante em escala piloto.

9 REÚSO DE ÁGUA DA PURGA DO FLOCULADOR DA ETA

Para a avaliação da magnetude da vazão da purga do floculador da ETA que possui capacidade de tratamento para 40.000 litros/hora, foi realizada uma medição através de balde graduado e cronômetro. A vazão da purga medida foi de 1.000 litros/hora.

Como foi explicado no fluxograma 10, são adicionados na entrada do floculador, o hipoclorito de cálcio para promover a desinfecção, barrilha para correção do pH da água e policloreto de alumínio para agregar as partículas de impureza da água para que as mesmas sejam agrupadas em flocos e através da ação da gravidade, sejam arrastadas para o fundo do floculador.

Esse estudo visa acoplar uma bolsa confeccionada em geotecido próximo ao floculador, para que toda essa vazão da purga passe através dessa bolsa que funciona como um filtro, e que tem por finalidade separar os sólidos do meio aquoso, devolvendo o líquido livre ao processo industrial e retendo as partículas sólidas no interior da bolsa de geotecido. O objetivo principal, caso esse estudo seja realizado com sucesso, será o reúso dessa água não potável de processo na cisterna de água recuperada, para que a mesma passe novamente pelo tratamento de água afim de ser utilizada no processo produtivo, evitando assim que a mesma seja descartada como é realizado atualmente.

9.1 MATERIAS E MÉTODOS

Os materiais necessários para a realização desse estudo foram:

- *Bag* confeccionado em geotecido com dimensão 1m x 1m x 1m (um metro de altura, por um metro de largura e um metro de profundidade); A abertura da malha do *bag* é considerada confidencial, pois o material é licenciado como uma patente industrial pelo fabricante;
- 2 metros de mangueira de borracha;
- *Container* de 1000 litros com torneira acoplada na base;
- 4 pedaços de corda de 1 metro cada;

A metodologia para a realização dos testes foi feita seguindo os diferentes passos, abordados a seguir:

De acordo com as características de processo e funcionamento do floculador, foram realizados vários testes com *bags* de composição diferentes junto com o fabricante, optamos pelo *bag* com malha dita BC. Foi adquirida a bolsa confeccionada em geotecido de uma empresa que representa o fabricante do *bag* ao custo de R\$ 1.900,00, que será chamada aqui de “*big bag*” ou apenas *bag*. Segundo esta empresa, o tempo de duração do *bag*, antes de ser descartado, é de aproximadamente 1 ano. A abertura dessa malha, juntamente com os dados técnicos do *bag* são patenteados e mantidos em segredo pelo fabricante.

Nos dias 17 a 22/08/2010, foi montado o sistema para a realização dos testes com o *bag*. O primeiro passo da montagem foi a acoplagem da mangueira na purga de saída do floculador. Depois foi acondicionado o *bag* dentro do container com capacidade de 1.000 litros. Para que o *bag* funcionasse corretamente foi necessário umidece-lo previamente com água, para expansão dos poros. Depois disso, foram amarradas com a ajuda de cordas as quatro alças de sustentação do *bag* nas laterais do *container* e acoplada a mangueira dentro do *bag*, com a finalidade de promover o enchimento do mesmo.

Após o enchimento do *bag* foram coletadas várias amostras na saída da purga do floculador e da água filtrada pelo *bag*. A água filtrada pelo *bag* só foi coletada, quando foi visível uma concentração dos sólidos no seu interior, fato observado após a terceira hora de operação.

Da saída do *bag*, a água filtrada coletada no *container* de 1000 litros, foi descartada para ser tratada na ETDI.

Foram realizados testes de cloro, turbidez, e sólidos totais dissolvidos, já que estes parâmetros estão presentes durante o processo de floculação e foram encontrados na água filtrada pelo *bag*.

Os testes laboratoriais utilizaram a estrutura do laboratório interno da Indústria de refrigerantes A e ocorreram nos dias 19 a 22/08/2010, uma vez por turno, ou seja, realizados uma vez no turno diurno e outra no turno da noite.

Toda a metodologia de realização dos testes seguiu os procedimentos internos da Indústria de refrigerantes A, conforme descritos abaixo.

Análise de cloro:

- Com o auxílio de uma seringa, adicionou-se 6 mL da amostra de 300 mL de água nos dois tubos do comparador. A amostra deveria estar entre 5 e 40°C sendo analisada imediatamente, não podendo ser guardada para futuras análises de cloro;
- Foram adicionados duas espátulas rasas do reagente denominado Cl_2 -1A (reagente utilizado para acusar presença de cloro) no tubo da direita;
- Adicionou-se duas gotas do reagente Cl_2 -2A (reagente utilizado para acusar presença de cloro) no tubo da esquerda;
- O tempo de espera para que a reação se processasse foi de 1 minuto;
- Foi realizada a leitura da coloração no comparador que demonstra através da comparação de cores, qual é a quantidade de cloro presente na amostra;
- Foram registrados os resultados.

Para a análise de turbidez foi requerido o seguinte procedimento.

A turbidez foi medida através do equipamento turbidímetro portátil, modelo HACH 2100 P, seguindo os seguintes passos:

- Foi ligado o turbidímetro apertando a tecla *power*;
- Preencheu-se a célula (cubeta) com a amostra de 300 mL de água até a marca horizontal (cerca de 15 mL), segurando-a pela parte superior;
- Foram removidas as bolhas de ar aderidas à parede da cubeta;
- A célula foi limpa com papel absorvente;
- Introduziu-se a amostra no compartimento de leitura e abaixar a tampa;
- Foi realizada a leitura apertando a tecla *read*;
- Procedeu-se o registro dos resultados.

Para a análise de sólidos totais dissolvidos os procedimentos foram:

- Coletar em um Becker uma amostra com volume suficiente para que o sensor do equipamento modelo *TDS QuickCheck* 112 ficasse submerso;
- Retirou-se a tampa que protegia o sensor;
- Pressionou-se a tecla *Power* para ligar o equipamento;

- Para realizar a leitura, mergulhou-se o sensor na solução de análise e aguardou-se por um valor estável;
- Realizada a análise, pressionou-se *power* novamente para desligar o aparelho.

A figura 3 mostra a operação de montagem do *Bag* onde suas alças são amarradas no suporte no container com capacidade para 1.000 litros.



FIGURA 3 – OPERAÇÃO DE MONTAGEM DO *BAG*,
INSERINDO O *BAG* DENTRO DO CONTAINER.
FONTE: O AUTOR

A figura 4 mostra a operação de enchimento do *Bag*, onde a mangueira que está amarrada através da ajuda de um lacre ao *Bag*. A mangueira também está conectada á tubulação de descarte do floculador.



FIGURA 4 – OPERAÇÃO DE ENCHIMENTO DO *BAG*,
ACOPLANDO A MANGUEIRA QUE ESTÁ
CONECTADA NO FLOCULADOR NO *BAG* QUE
ESTÁ INSTALADO NO CONTAINER.
FONTE: O AUTOR

9.2 RESULTADOS

A tabela 19 mostra os resultados obtidos , nos dias 19 á 22/08/2010 dos parâmetros analisados em laboratório interno, da água coletada da mangueira adaptada na purga do floculador 2 do tratamento de água e da água coletada dos poros do bag durante a operação normal do sistema. As unidades dos parâmetros estão em miligramas por litro, com exceção da turbidez que é expressa em NTU. Os testes foram realizados nos horários pré-estabelecidos nos dois turnos de operação da fábrica.

TABELA 19 – RESULTADOS DAS COLETAS DA ÁGUA DA MANGUEIRA E DA ÁGUA FILTRADA PELO BAG EM 19/08/2010 Á 22/08/2010 continua

Água Coletada da Mangueira			
Data: 19/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	7	6
Turbidez	NTU	38,7	44,6
Sólidos totais	mg/L	92	68
Água Coletada do Bag			
Data: 19/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	7	6
Turbidez	NTU	65	56
Sólidos Totais	mg/L	94	74
Água Coletada da Mangueira			
Data: 20/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	4	5
Turbidez	NTU	21	30
Sólidos Totais	mg/L	78	70
Água Coletada do Bag			
Data: 20/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	4	6
Turbidez	NTU	44,7	44,6
Sólidos Totais	mg/L	76	74
Água Coletada da Mangueira			
Data: 21/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	6,73	6,72
Turbidez	NTU	38,8	6,64
Sólidos Totais	mg/L	76	72
Água Coletada do Bag			
Data: 21/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	4	6,82
Turbidez	NTU	11,4	4,99
Sólidos Totais	mg/L	74	69

TABELA 19 – RESULTADOS DAS COLETAS DA ÁGUA DA MANGUEIRA E DA ÁGUA FILTRADA PELO BAG EM 19/08/2010 À 22/08/2010 conclusão

Água Coletada da Mangueira			
Data: 22/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	4	4
Turbidez	NTU	5,48	19
Sólidos Totais	mg/L	74	82
Água Coletada do Bag			
Data: 22/08/2010	Unidade	turno: manhã (10:00)	turno: noite (24:00)
Cloro	mg/L	4	4
Turbidez	NTU	4,76	27
Sólidos Totais	mg/L	70	81

FONTE: ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO INTERNO DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

9.3 DISCUSSÃO

A idéia inicial do estudo de reúso não potável da água do *bag* era de reutilizar a água de saída da purga do floculador, para que a mesma pudesse ser recuperada na cisterna de água recuperada da Indústria de refrigerantes A e pudesse ser enviada novamente ao início do processo do tratamento de água.

A purga do floculador foi escolhida, pois a vazão de descarte de água foi considerada relevante durante o processo (1000 litros/hora). Para que essa água fosse recuperada, era necessário analisar a questão dos sólidos totais dissolvidos presentes na água da purga do floculador e na água filtrada pelo *bag*, que possui como função principal a retenção dos sólidos.

Também foram analisados no laboratório os valores de cloro total e turbidez. Esses parâmetros só foram analisados como referência, pois na entrada do floculador é dosado hipoclorito de cálcio para desinfecção, e a turbidez é percebida quando há impurezas na água, como os sólidos em suspensão, tornando a água turva. Portanto, esses parâmetros de referência teriam mesmo que se fazer presentes na análise da mangueira da purga do floculador 2 e na análise coletada dos poros do bag durante a operação .

De acordo com as análises realizadas no dia 19/08/2010 mostraram que houve pequena remoção dos sólidos totais dissolvidos, de acordo com a análise da

água filtrada coletada no *bag*, comparando a remoção dos sólidos do turno da noite, em relação ao turno da manhã.

Nos dias 20 e 21/08/2010 percebeu-se que a remoção foi ainda menor que no dia 19/08/2010, comparando os dois turnos de operação.

No dia 22/08/2010, foi constatado que não houve remoção dos sólidos totais dissolvidos. Observou-se também a saída uma grande quantidade de água através das costuras laterais do *bag*. Essas costuras estavam apresentando uma abertura maior do que a abertura observada nos outros dias de operação, sugerindo um princípio de ruptura na lateral do *bag*.

Dessa forma, no início do dia 23/08/2010, optou-se por parar os testes com esse tipo de *bag*. Existindo, nesse caso, duas saídas. A primeira seria abandonar os testes, já que esses não apresentaram resultados satisfatórios ou adquirir outro *bag* de outro fabricante para a continuidade dos testes. Optou-se por parar os testes no dia 23/08/2010.

10 REÚSO DA ÁGUA DE PROCESSO NÃO POTÁVEL UTILIZADA NO RINSER DE LUBRIFICAÇÃO DE ULTRASSOM DA LINHA DE GARRAFAS PET

Foi realizado em março de 2009, o projeto e confecção de um sistema de reúso da água de processo utilizada no rinser da régua de ultrassom da linha de produção de garrafas pet da Indústria de refrigerantes A.

O objetivo desse projeto foi montar um sistema de reúso de água no próprio rinser, aproveitando a água tratada que é enviada para a enchedora volumétrica para lubrificação das peças móveis encontradas dentro da enchedora, como as pinças, roldanas e anéis. Dentro da enchedora, pode-se encontrar 117 válvulas de enchimento, 54 pinças de rinser e 18 cabeçotes lacradores.

A enchedora volumétrica da linha de pet possui capacidade de encher 24.000 garrafas por hora, contendo 2 litros cada uma. A água tratada na ETA é enviada através de bombeamento a fim de lubrificar as peças móveis encontradas dentro da enchedora.

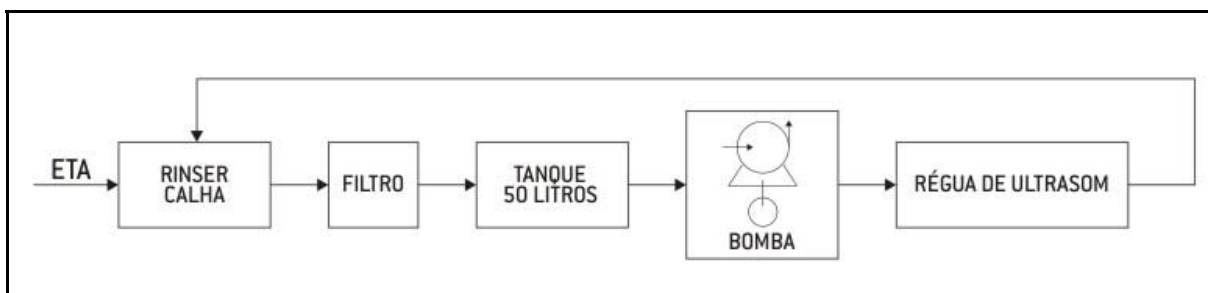
As garrafas feitas de pet, são enviadas para a enchedora através de um transporte aéreo. Quando as garrafas entram no equipamento, são enviadas de ponta cabeça, através das pinças e anéis de sustentação, para o *rinser* de ar, onde não são lavadas com água e sim com ar estéril. Após essa etapa, as garrafas são giradas novamente para sua posição original e são pressurizadas, logo após, elas passam pelo medidor de vazão, onde ocorre o enchimento das mesmas de acordo com o volume estipulado pelo planejamento de produção do dia. Os volumes das garrafas pet, compatíveis para esse tipo de equipamento são: 3 litros, 2,5 litros, 2 litros, 1 litro e 600 mL. É importante lembrar que a bebida pronta que é feita em um equipamento chamado *blender* (onde são misturados a água, o xarope final e o CO₂) é enviada para a enchedora volumétrica através de bombeamento por tubulações de aço inox. Depois de preenchida com a bebida final, a garrafa passa por uma descompressão e é enviada para o capsulador, onde é lacrada.

Após essa etapa, a água é enviada através de uma tubulação para o *rinser* da régua de ultrassom, que tem como finalidade promover o meio de contato entre a garrafa e a régua de ultrassom, de forma que o equipamento funcione corretamente. A proposta desse estudo é que neste *rinser*, seja montado o equipamento para o reúso de água.

A régua de ultrassom possui a finalidade de agitar as moléculas de CO₂, para que possa ser verificado o nível de enchimento das garrafas e se as tampas estão corretamente lacradas, pois caso não estejam, as garrafas são descartadas pelo inspetor de nível logo na sequência do processo.

Depois de passar pelo inspetor de nível, as garrafas que não foram rejeitadas seguem para o empacotador e para a paletizadora, para serem montados os *pallets* que vão para o estoque final. A seguir, segue fluxograma 13, que mostra a descrição do funcionamento do sistema. A água tratada, que é enviada por bombeamento do setor da ETA, lubrifica as peças internas da enchedora e é enviada através de tubulação para o *rinser* que envia os jatos de água na parte externa das garrafas, para promover o meio material de contato entre as garrafas e a régua ultrassônica, a fim de que o equipamento de ultrassom funcione corretamente. A água recirculada, então, passa pela calha coletora e é enviada por gravidade para o filtro e depois para o tanque com capacidade para armazenar 50 litros de água.

Desse tanque a água é enviada através de uma bomba para ser novamente “rinsada” e promover o contato entre as garrafas e a régua de ultrassom. Esse sistema acaba se configurando como um circuito fechado de recirculação, porém a água de entrada da enchedora, que é a mesma água utilizada no sistema de reúso, é renovada a cada 72 horas, pois a enchedora passa por um procedimento de limpeza para evitar contaminações microbiológicas no produto. Essa limpeza, comum em indústrias alimentícias é chamada de CIP (*clean in place*). Durante a realização do CIP, utiliza-se água tratada para a operação de enxágue, sabão, água de enxágue novamente, cloro ou água quente e finalmente água de enxágue. Dessa forma, a água encontrada na enchedora e no sistema de reúso, no momento do CIP é descartada e enviada para as caixas de recalque de efluentes, para que sejam tratadas na ETDI.



FLUXOGRAMA 13 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA ENTRADA DE ÁGUA DO SISTEMA DE REÚSO DA ÁGUA DE PROCESSO DA RÉGUA ULTRASSÔNICA
 FONTE: ADAPTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO

10.1 MATERIAS E MÉTODOS

Para montagem do sistema de recirculação na linha de pet, foram utilizados os seguintes materiais:

- 12 metros de tubulação de inox de 2 polegadas de diâmetro;
- Tanque de inox de 50 litros de capacidade;
- Bóia medidora de nível;
- Bomba sanitária de 1,5 CV;
- Filtro fabricado em aço inox;
- Calha coletora fabricada em aço inox, medindo 200 mm de largura , 100 mm de altura e 150 mm de comprimento;
- 5 braçadeiras suporte com luva de Inox de 2 polegadas de diâmetro.

Nos dias 09 e 10/03/2009, foi realizada a obra em que foi instalada uma tubulação de 2 polegadas de inox para envio da água da enchedora até a nova calha coletora acoplada ao rinser de lavagem. Após essa etapa, foram montados o filtro e a bomba, que envia a água reutilizada novamente para a régua ultrassônica. As braçadeiras foram utilizadas para a junção dos pontos da tubulação, que foram adaptados ao novo sistema.

A figura 5 mostra a calha coletora da água do rinser da régua de ultrassom da linha de pet, com a conexão para o tanque de inox com 50 litros de capacidade. Logo após a saída do tanque foi conectada a bomba sanitária de 1,5 CV.



FIGURA 5 – SISTEMA DE REÚSO DA ÁGUA DO RINSER DA RÉGUA DE ULTRASSOM DA LINHA DE PET
FONTE: O AUTOR.

A figura 6 mostra a barra de ultrassom da linha de pet ao fundo e o rinsor com seus jatos de água em pleno funcionamento.



FIGURA 6 – RINSER DA BARRA DE ULTRASSOM DA LINHA DE PET
FONTE: O AUTOR.

10.2 RESULTADOS

Foi medida a vazão média diária desse reúso através da utilização de um balde graduado e cronômetro e encontrou-se o valor de 7.000 litros de água por dia, que são reutilizados na calha da régua ultrassônica.

O cálculo do total de água reutilizada no ano, foi realizado, considerando o total de 7.000 litros de água por dia, nos 360 dias de operação da fábrica e com uma taxa de utilização da linha de pet de 59,1%, calculada através da quantidade efetiva de horas em que a linha trabalhou em relação ao total disponível de horas para que a linha trabalhe durante o ano. Abaixo segue o cálculo:

$$(7.000 L/dia) \times (360 dia/ano) \times 59,1\% = 1.489.000 L/ano$$

Em seguida foi realizado um cálculo financeiro simplificado do investimento realizado. Para realizar esse cálculo, foi necessário realizar o cálculo do *Payback* do projeto de reúso da água não potável de processo utilizada na régua ultrassônica, que nada mais é do que o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

Cálculo do *Payback* simplificado:

Consumo médio anual de água reutilizada: $(1.489 Litros/ano)$

Custo do metro cúbico da água (fornecido pela concessionária pública): $\left(\frac{R\$ 3,31}{m^3}\right)$

Custo anual da água não potável recuperada:

$$\left(\frac{R\$ 3,31}{m^3}\right) \times (1.489 m^3/ano) = (R\$ 4.928,59/ano)$$

Temos que o custo total do investimento para a realização deste projeto, foi de: R\$ 17.740,00.

Tempo de retorno do investimento (simplificado):

$$\left(\frac{R\$ 17.740,00}{R\$ 4.928,59}\right) = \text{Aproximadamente } 3,6 \text{ anos}$$

No ano de 2009, a produção total foi de 279.797.447 litros de bebida (refrigerantes) e a quantidade utilizada de água foi de 505.886.000 litros. Dessa forma, tem-se que o índice interno de água da Indústria de refrigerantes A foi de:

$$\left(\frac{505.886.000 \text{ Litros de Água}}{279.797.447 \text{ Litros de Bebida}} \right) = 1,808$$

$$\text{Índice interno de água em 2009} = 1,808 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$$

Somando-se a quantidade de água reutilizada por esse projeto à quantidade de água realmente consumida em 2009 e subtraindo-se o valor médio recuperado em três meses, já que o projeto foi realizado em março, porém seus resultados só foram contabilizados a partir de abril de 2009, dividindo-se esse valor pelos litros de refrigerantes produzidos em 2009, tem-se:

$$\left(\frac{505.886.000 + 1.489.000 - 372.250 \text{ Litros de Água}}{279.797.447 \text{ Litros de Bebida}} \right) = 1,812 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$$

que é o índice interno de água, caso não houvesse sido realizado o projeto do reúso não potável da água de processo utilizada na régua de ultrassom da linha de pet.

11 REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DE PROCESSO UTILIZADA NA LAVADORA DE CAIXAS PARA LIMPEZA DE PISOS E PAREDES NO SETOR DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA A

Segundo cronograma de limpeza exposto anteriormente na tabela 13, verificou-se que o setor de produção é limpo diariamente, segundo exigências das normas da segurança alimentar e boas práticas de fabricação e limpeza. Essa limpeza consome uma grande quantidade de água, que segundo levantamento realizado anteriormente no gráfico 2, foi de 1.411.200 litros de água consumidos semanalmente, podendo ser foco de soluções de reúso.

Em busca de um novo circuito de limpeza com a finalidade de atender à necessidade de lavagem dos pisos e paredes da fábrica, foi realizado o estudo de reúso da água da lavadora de garrafas da Indústria de refrigerantes A.

Inicialmente as garrafas de vidro que chegam do mercado consumidor e são inspecionadas, seguem via esteiras para a mesa de acúmulo da lavadora, onde os vasilhames são agrupados e aos poucos vão sendo introduzidos no equipamento com auxílio de guias. Cada garrafa se encaixa no interior de uma concavidade denominada “ninho”, iniciando então a lavagem propriamente dita. A lavadora possui no seu interior tanques independentes, nos quais os banhos são realizados. Tais banhos consistem em solução alcalina aditivada à quente. Além dos produtos utilizados na lavagem, as temperaturas dos banhos e o tempo de imersão são permanentemente controlados. Após saírem pelos tanques de lavagem, as garrafas passam por jatos de água tratada e clorada para seu enxágue.

A lavadora possui três tanques de lavagem e a água desse último tanque é aproveitada nos esguichos da lavadora de caixas.

As caixas são levadas através de esteiras transportadoras até a lavadora de caixas, que possui capacidade para lavar 748 caixas por minuto. Nesse equipamento, as caixas recebem lavagem para a retirada das sujidades, através de esguichos, sendo dois esguichos voltados para a posição vertical e três esguichos voltados para a posição horizontal. A vazão total dos esguichos é de 13.000 litros/hora. O fluxograma 14 mostra o princípio de funcionamento do sistema de reúso de água não potável da lavadora de caixas, conforme descrito abaixo:

11.1 MATERIAS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para este estudo foram :

- 2 bóias medidoras de nível;
- 1 bomba sanitária de 7,5 CV;
- 150 metros de tubo de aço carbono de 1½ polegadas de diâmetro;
- 10 curvas em 90° de aço inox modelo 304 de 2 polegadas de diâmetro;
- Válvula de retenção vertical tipo disco de aço inox de 1½ polegadas de diâmetro.
- 6 válvulas tipo esfera de ½ polegada de diâmetro de aço carbono;
- 25 abraçadeiras suporte para tubo inox 304 de 1½ polegadas de diâmetro.
- 1 abraçadeira suporte para tubo inox 304 de 2 polegadas de diâmetro.
- Válvula borboleta de aço inox 304 de 1½ polegadas de diâmetro.
- Válvula borboleta de Inox modelo 304 de 2 polegadas de diâmetro.
- Meia luva para abraçadeira suporte de inox modelo 304 de ½ polegada de diâmetro.
- 60 adesivos confeccionados com os dizeres destacados em cor amarela: “Água Imprópria para Consumo”.

A figura 7 mostra a lavadora de caixas ao fundo e a bomba II instalada no suporte da lavadora de caixas.



FIGURA 7 – BOMBA DE REÚSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL
DE PROCESSO DA LAVADORA DE CAIXAS
FONTE: O AUTOR

A figura 8 mostra a mangueira sendo conectada ao novo circuito de limpeza, identificado pela tubulação na cor verde, onde foi aderido o adesivo amarelo que contém os dizeres: “Água Imprópria para Consumo”.



FIGURA 8 – MANGUEIRA INSTALADA PARA O NOVO CIRCUITO DE LIMPEZA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A
FONTE: O AUTOR

O procedimento de montagem dos equipamentos, ocorreu em paralelo com o projeto descrito anteriormente no item 10, e foi realizado nos dias 09 e 10/03/2009. A instalação consistiu em adaptar as bóias de nível nos tanques da lavadora de garrafas e no tanque pulmão da lavadora de caixas e uma bomba de limpeza na base da lavadora de caixas.

Depois disso, foi adaptada na bomba a tubulação de aço carbono, que serviu para ligar o antigo circuito de limpeza da fábrica, ao novo circuito. Todos os pontos de limpeza instalados anteriormente a este projeto foram devidamente ligados às novas tubulações, ponto a ponto, com a utilização das curvas, braçadeiras, suportes e válvulas descritas anteriormente na lista de material. As mangueiras e suportes dos pontos de água de limpeza de pisos e paredes da fábrica foram identificadas com adesivos destacados com a cor amarela e que continham os dizeres “Água Imprópria para Consumo”.

11.2 RESULTADOS

Foi medida a vazão média diária desse reúso através da utilização de um balde graduado e cronômetro e encontrou-se o valor de 30.000 litros de água por dia, que são reutilizados no circuito interno de limpeza da fábrica. O cálculo do total de água reutilizada no ano, foi realizado, considerando o total de 30.000 litros de água por dia, nos 270 dias de operação, com uma taxa de utilização da linha de vidro de 47,0%, calculada através da quantidade efetiva de horas em que a linha trabalhou em relação ao total disponível de horas para que a linha trabalhe durante o ano. Abaixo segue o cálculo:

$$(30.000 L/dia) \times (270 dia/ano) \times 47,0\% = 3.807.000 L/ano$$

A seguir foi realizado um cálculo financeiro simplificado do investimento realizado. Novamente usou-se o conceito do *Payback*, que consiste no tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

Cálculo do *Payback* simplificado:

Consumo médio anual de água: $(3.807.000 Litros/ano)$

Custo do metro cúbico da água (sanepar): $\left(\frac{R\$ 3,31}{m^3} \right)$

Custo anual da água não potável recuperada:

$$\left(\frac{R\$ 3,31}{m^3} \right) \times (3.807 m^3/ano) = (R\$ 12.601,17/ano)$$

Custo Total do Investimento: R\$ 16.390,00

Tempo de retorno do investimento (simplificado):

$$\left(\frac{R\$ 16.390,00}{R\$ 12.601,17} \right) = \text{Aproximadamente 1,3 anos}$$

Como o reúso não potável da água de processo dos dois projetos (itens 10 e 11) deste trabalho foram realizados no mesmo período, ou seja, instalados em março e seus resultados contabilizados a partir do mês de abril de 2009, se faz interessante apresentar o cálculo da taxa interna de retorno e do índice final interno da utilização de água da Indústria de refrigerantes A de forma conjunta.

Segundo Pereira e Almeida (2006), a taxa interna de retorno (TIR) corresponde a uma taxa de juros que se iguala, em algum momento do tempo, ao valor presente dos recebimentos e pagamentos previstos. A TIR é usada como um método de análise de investimento, onde o investimento realizado será economicamente atraente se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA), que é a taxa mínima de retorno esperada pela companhia.

Isso posto, o próximo passo foi a realização do cálculo da taxa interna de retorno, através da fórmula abaixo:

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} \right) - I_0 = 0$$

Essa fórmula descreve o somatório do fluxo de caixa de cada ano, considerando a taxa de retorno anual, no período de anos estipulado pela Indústria de refrigerantes A, trazendo todos os valores para o valor presente.

Onde:

I_0 - Investimento inicial

t - Tempo em anos

FC_t - Fluxo de caixa ao longo do tempo

TIR - Taxa interna de retorno

n - Número de anos estipulado pela Indústria de refrigerantes A em que o equipamento será utilizado, que no caso será de 20 anos.

Calculando a TIR, utilizando o valor total do investimento nos dois projetos, chegou-se ao seguinte resultado:

$$TIR = 51,35 \% \text{ ao ano.}$$

Como o produto vendido ao consumidor é o refrigerante e o mesmo apresenta baixo valor agregado, a taxa mínima de atratividade (TMA) estipulada pelo setor financeiro da Indústria de refrigerantes A é:

$$TMA = 13,5 \% \text{ ao ano.}$$

Como já calculado no item (10.2), tem-se que o índice interno de água da Indústria de refrigerantes A, no ano de 2009 foi de:

$$\text{Índice interno de água da Indústria A em 2009} = 1,808 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$$

Somando-se a quantidade de água reutilizada por esses dois projetos à quantidade de água realmente consumida em 2009 e subtraindo-se o valor médio de água recuperada dos projetos nos primeiros três meses do ano, já que os equipamentos foram instalados em março, mais os resultados passaram a ser contabilizados somente em abril de 2009, dividindo-se o valor encontrado pelos litros de refrigerantes produzidos em 2009, tem-se:

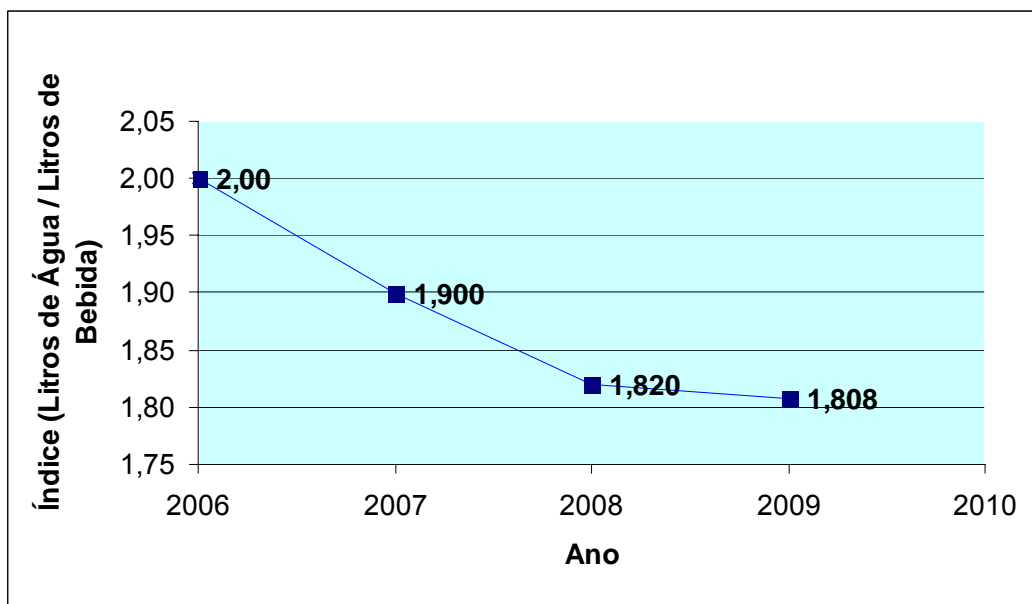
$$\left(\frac{505.886.000 + 5.296.000 - 1.324.000 \text{ Litros de Água}}{279.797.447 \text{ Litros de Bebida}} \right) = 1,822 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$$

Portanto, o índice interno acumulado de água da Indústria de refrigerantes A, caso não fossem realizados os dois projetos de reúso de água de processo descritos nos itens 10 e 11 deste trabalho, seria em 2009:

$$1,822 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$$

O gráfico 14 apresenta os valores dos índices internos acumulados de água da Indústria de refrigerantes A, nos anos de 2006 a 2009.

GRÁFICO 14 – VALORES DO ÍNDICE INTERNO DE ÁGUA DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A



FONTE: DADOS INTERNOS DA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES A

Como se pode notar, o índice apresenta tendência de queda em seus valores, durante o período apresentado, porém esse índice apresentaria um valor maior do que os $1,808 \left(\frac{\text{Litros de Água}}{\text{Litros de Bebida}} \right)$ obtidos no final de 2009, caso não tivessem sido implantados os dois projetos de reúso.

11.3 DISCUSSÃO

Serão avaliados em conjunto nessa discussão, os projetos de reúso de água não potável de processo, da régua ultrassônica da linha de pet (descrito no item 10), bem como, o projeto de reúso da lavadora de caixas (descrito no item 11).

Observando os resultados, pode-se interpretar que em termos econômicos, os dois projetos são economicamente viáveis. Os *paybacks* do projeto da régua ultrassônica e da lavadora de caixas que acontecem em 3,6 e 1,3 anos, respectivamente, são pagos em um curto espaço de tempo.

Assim, realizou-se uma análise mais profunda, calculando-se a taxa interna de retorno (TIR), trazendo os fluxos de caixa que aconteceriam ao longo do tempo para o valor presente. O tempo estipulado pela Indústria de refrigerantes A, para a utilização dos equipamentos, foi de 20 anos, tempo estipulado para a vida útil dos novos equipamentos instalados durante o projeto. A TIR resultante dos dois projetos foi de 51,35% ao ano, valor muito superior a da TMA estipulada pela Indústria de refrigerantes A que foi de 13,5% ao ano. Analisando do ponto de vista ambiental, pode-se perceber que os dois projetos apresentaram ganhos no índice acumulado anual de água da referida indústria. O resultado do índice de água anual calculado, caso os projetos não tivessem sido realizados, foi de 1,822 litros de água consumidos por litros de bebida final produzidos, contra o índice de 1,808 atingido no ano de 2009 contando com a realização dos projetos. É perceptível, portanto, que os dois projetos geraram economia no consumo de água e de recursos naturais. Como a captação de água na Indústria de refrigerantes A acontece via abastecimento da concessionária e poços artesianos e toda essa água passa por um tratamento antes de ser enviada para as linha de produção, existe uma economia indireta com os custos de tratamento, já que com o reúso de água da régua ultrassônica, uma menor quantidade de água tratada necessita ser enviada para a enchedora da linha de pet para a lubrificação das peças dos equipamentos e para promover o meio de contato entre as garrafas pet e a régua ultrassônica. No caso do projeto de reúso da lavadora de caixas, a economia de água é muito significativa, já que 30.000 litros por dia de água de boa qualidade, deixam de ser retirados da concessionária pública para serem utilizados para fins menos nobres, como a limpeza de pisos e paredes da fábrica.

Como vantagem das práticas de reúso pode ser mencionado também o fato de que a Lei Federal nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, definiu a água como bem público, dotada de valor econômico e finita como recurso natural. Essa Lei instituiu também o mecanismo de cobrança pela utilização dos recursos hídricos.

No Estado do Paraná, o Decreto nº 4646/01 definiu o regime de outorga dos recursos hídricos, em que o usuário necessita solicitar ao Instituto de Águas do Paraná a outorga para captação da água superficial e subterrânea e para lançamento do efluente tratado em corpo hídrico receptor. A cobrança pela captação

de água e lançamento de efluente tratado, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 5361/02, ainda está sendo discutida pelos órgãos competentes, devendo ser implementada em breve.

Com o reúso da água não potável de processo, a futura cobrança pelo lançamento do efluente tratado será minimizada, visto que uma menor quantidade de água será utilizada, gerando uma quantidade menor de efluente a ser tratado na ETDI.

As leis podem futuramente mudar, sendo ainda mais restritivas, obrigando as indústrias a se adequarem à racionalização do uso da água, melhorando o gerenciamento dos seus processos, realizando cada vez mais projetos de reúso de água e efluentes.

12 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que os experimentos em relação a proposta de um novo sistema de desinfecção para o efluente tratado, forneceram melhores resultados para a concentração de 9 ppm de dióxido de cloro. Muito embora, a concentração de cloro livre durante o experimento, tenha apresentado resultado acima do limite de lançamento permitido pelos padrões internos da Indústria de refrigerantes A, observa-se que os ensaios de bancada não representam a condição real de turbilhonamento do efluente tratado causada pela alta vazão de descarte do efluente observada na saída do tratamento na ETDI da Indústria de refrigerantes A. Dessa forma, as chances do cloro livre evaporar quando testado em condições reais de operação é muito grande, fato esse que já é observado no sistema de desinfecção atual por meio do hipoclorito de sódio.

Os resultados do estudo do reúso de água da purga do floculador da ETA não se apresentaram satisfatórios, pois o *bag* confeccionado em geotecido e de malha especial, não separou de forma satisfatória os sólidos do meio aquoso em nenhum dos testes realizados. O *bag* ainda apresentou um princípio de ruptura observado em suas costuras laterais. Conclui-se, portanto, que esse tipo de *bag*, com malha de abertura BC, não consegue separar os sólidos com as características particulares oriundas do processo de floculação da ETA da Indústria de refrigerantes A.

No Estado do Paraná, os Decretos Estaduais 4646/01 e 5361/02 que definiram o regime de outorga dos recursos hídricos e a cobrança pela captação de água superficial, subterrânea e de descarte de efluentes, respectivamente, acabam por incentivar as indústrias a adotarem um novo modelo de gestão quanto ao uso desses recursos a desenvolverem projetos para reúso de água e de efluente tratado.

Foram analisados em conjunto os projetos de reúso de água de processo não potável utilizada no *rinser* do ultrassom da linha de garrafas pet e o projeto de reúso implantado na lavadora de caixas para a limpeza de pisos e paredes da fábrica, pois ambos os projetos impactam diretamente no índice de água calculado pela Indústria de refrigerantes A.

Quando são analisados os resultados desses dois projetos, observa-se que além dos ganhos ambientais, existiram ganhos econômicos, comprovando que é

viável que as empresas do setor de bebidas invistam em projetos de reúso de água não potável. Na maioria das empresas, os projetos ambientais não visam retorno financeiro, mais sim a adequação das empresas perante a legislação ambiental vigente e o retorno observado na economia dos recursos hídricos e no próprio marketing ambiental. Neste caso os dois projetos trouxeram ganhos financeiros e ambientais.

O índice de água acumulado do ano de 2009 apresentou resultado de 1,808 litros de água consumidos por litros de bebidas produzidos. Caso os dois projetos de reúso não tivessem sido realizados, este valor subiria para 1,822. A economia foi de 3.972.000 litros de água durante o ano de 2009, melhorando o indicador ambiental da Indústria de refrigerantes A.

O Instituto de Águas do Estado do Paraná já estipulou os valores de cobrança pela captação de água e descarte de efluentes, embora essa cobrança ainda não tenha sido implementada. Quando essa cobrança, efetivamente vier à tona, a Indústria de refrigerantes A apresentará economia em relação aos valores futuramente pagos, pois através desses projetos que já foram realizados, a indústria necessitará de menor quantidade de água captada e descartará menor volume de efluente tratado no corpo hídrico receptor.

Realizando os projetos propostos, a indústria de refrigerantes A acaba por aderir aos conceitos de responsabilidade social e ambiental, agregando valor à imagem da companhia.

O marketing ambiental, que pode ser explorado por essa indústria por meio dos projetos realizados, pode atingir valores de maior importância do que o próprio investimento financeiro inicial realizado para que esses projetos se tornassem realidade.

Atualmente, a Indústria de refrigerantes A faz parte de um grupo seleto de indústrias, que visa o controle da poluição, a preservação dos recursos naturais e está inserida dentro de um conceito mais amplo, que é o conceito do desenvolvimento sustentável.

13 RECOMENDAÇÕES

Para que este trabalho possa ser aprimorado, recomenda-se:

1. Montar e testar em escala piloto o sistema de desinfecção proposto, utilizando o dióxido de cloro. Realizar estudo futuro da comparação de custos entre os diferentes sistemas de desinfecção, envolvendo principalmente os custos da instalação do dióxido de cloro e do hipoclorito de sódio utilizado atualmente pela Indústria de refrigerantes A.
2. Testar o *bag* de outro fabricante, visando à reutilização da água descartada pela purga do floculador do tratamento de água, pois talvez utilizando um *bag* mais robusto, não haja ruptura das costuras, proporcionando um período maior de testes, para que se possa avaliar a eficácia do sistema.
3. Replicar o projeto de reúso não potável no *rinser* do ultrassom da linha de garrafas pet para as outras unidades da Indústria de refrigerantes A.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES E BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS (ABIR). Disponível em: <http://www.abir.org.br/rubrique.php?id_rubrique=178>. Acesso em: 19/06/2010.

BRASIL. **Decreto 24.643/34, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 16/06/2010.

BRASIL. **Decreto 4646/01, de 31 de agosto de 2001**. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 19/07/2010.

BRASIL. **Lei 12726/99, de 26 de novembro de 1999**. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 20/07/2010.

BRASIL. **Lei 9.433/97, de 08 de janeiro de 1997 – Lei dos Recursos Hídricos**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 19/07/2010.

BRASIL. **Lei 9605/98, de 12 de fevereiro de 1998 – Lei de Crimes Ambientais**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 16/06/2010.

BRASIL. **Portaria MS 518/2004, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 12/07/2010.

BRASIL. **Resolução CNRH 54/05, de 28 de novembro de 2005**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 20/08/2010.

BRASIL. **Resolução Conama 20/86, de 18 de junho de 1986** (revogada pela Resolução Conama 357/2005). Estabelece a classificação das águas do território nacional e define parâmetros e regras para o lançamento de efluentes nas coleções de águas. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 02/07/2010.

BRASIL. **Resolução Conama 357/2005, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 18/08/2010.

BRASIL. **Resolução Conama 397/2008, de 03 de abril de 2008**. Altera o inciso II do §4º e a Tabela X do §5º, ambos do Art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <<https://codex.ambito.com.br/Legal/>>. Acesso em: 02/0/2010.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Redução do Consumo de Água na Indústria de Bebidas**. Artigo público Produção Mais Limpa no Estado de São Paulo. São Paulo, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 03/04/2010.

EPA. **Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual**. Washington D.C., 1999.

FANTIEL, J. **Os Refrigerantes no Brasil, 2004**. Disponível em: <<http://www.guiame.com.br/v4/53795-1816-A-Hist-ria-do-Refrigerante.html>>. Acesso em: 12/05/2010.

FRANCO, P. L. P. **Análise da potencialidade do reúso indireto potável**: estudo de caso da ETE Atuba Sul, Região Metropolitana de Curitiba. 238f. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GALIL, N. I.; LEVINSKY, Y. Sustainable reclamation and reuse of industrial wastewater including membrane bioreactor technologies: case studies. **Desalination**, v.202, p.411-417, 2007.

GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), 2004.

GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, projeto PROSAB, 438 p.

GOZÁLVEZ-ZAFRILLA, J. M. *et al.* Nanofiltration of secondary effluent for wastewater reuse in the textile industry. **Desalination**, v.222, p.272-279, 2008.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Disponível em: <<http://www.suderhsa.pr.gov.br/>>. Acesso em: 14/05/2010.

JÖDICKE, G.; FISCHER, U.; HUNGERBÜHLER, K. Wastewater reuse: a new approach to screen for designs with minimal total costs. **Computers and Chemical Engineering**, v.25, p. 203–215, 2001.

LAPOLLI, F. R. *et al.* **Desinfecção de Efluentes Sanitários Através de Dióxido de Cloro**. CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2005.

LU, X. *et al.* Textile wastewater reuse as an alternative water source for dyeing and finishing processes: A case study. **Desalination**, v.258, p.229-232, 2010.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS H. F. dos. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

MARCUCCI, M.; TOGNOTTI, L. Reuse of wastewater for industrial needs: the Pontedera case. **Resources, Conservation and Recycling**, v.34, p.249-259, 2002.

MARON JUNIOR, R. **Reúso de Água em Indústria Metalúrgica Rolamenteira**. Estudo de caso da SKF do Brasil Ltda. 93 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Básico) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MEYER, S. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública**. Caderno Saúde Pública. Rio de Janeiro, 1994.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reúso**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MOHSEN, M. S.; JABER, J. O. Potential of industrial wastewater reuse. **Desalination**, v.152, p. 281-289, 2002.

PEREIRA W. A.; ALMEIDA, L. da S. **Método Manual para Cálculo da Taxa Interna de Retorno**. 2006. Disponível em: <<http://www.faculdadeobjetivo.com.br/arquivos/MetodoManual.pdf>>. Acesso em: 23/06/2010.

PETERS, E. L. Apostila do curso de especialização em gerenciamento ambiental na indústria. Disciplina de Direito Ambiental, 2003.

SALGOTA, M. *et al.* Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. **Desalination**, v.187, p. 29-40, 2006.

SILVA, A. K. P. *et al.* **Reúso de Água e suas Implicações Jurídicas**. Navegar, 2003.

SOTTORIVA, P. R. da S. **Tecnologias para Remediação de Solo e Águas Contaminadas**. Curitiba: PUC/PR, 2003.

SOUZA, C. L. de. **Estudo Quantitativo e Qualitativo de Escuma Acumulada em Reatores UASB - Tratando Esgotos Domésticos**. Belo Horizonte, 2006.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Lodos Ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C. **Industrialização de Refrigerantes**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995.

TOSIN, A. C. **Estudo de Caso sobre Alternativas para Redução, Tratamento e Disposição de Resíduo de Lodo Biológico Gerado na Indústria de Refrigerantes**. 103 f. Monografia (MBA em Gestão de Negócios) - Ibmec - Estação Bussiness School, Curitiba, 2010.

URKIAGAA, A. *et al.* Methodologies for feasibility studies related to wastewater reclamation and reuse projects. **Desalination**, v.187, p.263-269, 2006.

VIANNA, M. R., **Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de Água**, 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

WEBER, M. I. **Avaliação da Eficiência de um Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado para o Tratamento de Resíduos Líquidos da Indústria de Refrigerantes**. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

WESTERHOFF, G. P. An Update of Research Needs for Water Reuse. IWATER REUSE SYMPOSIUM, 3., 1984, San Diego, Califórnia. **Proceedings**. p. 1732-1742.